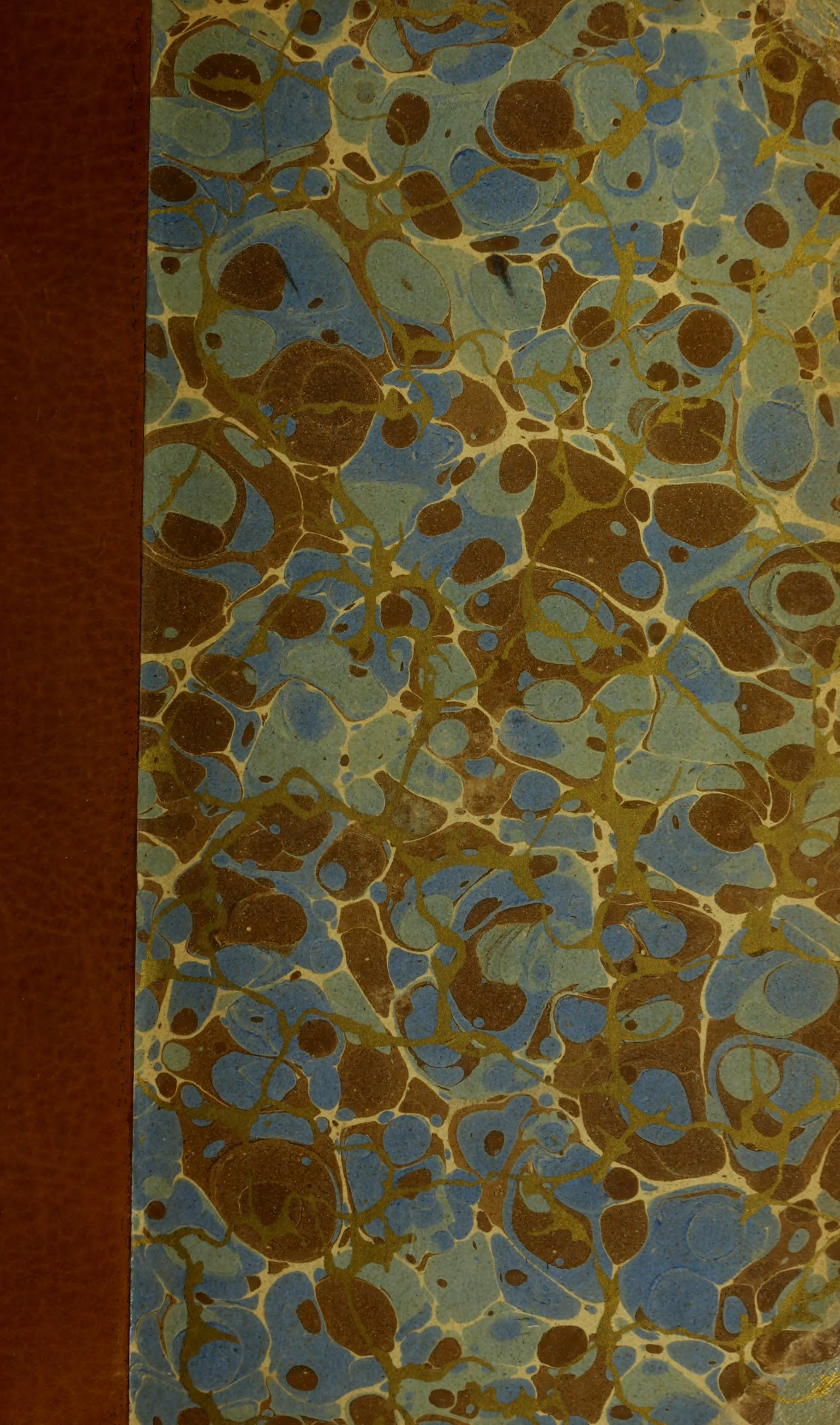
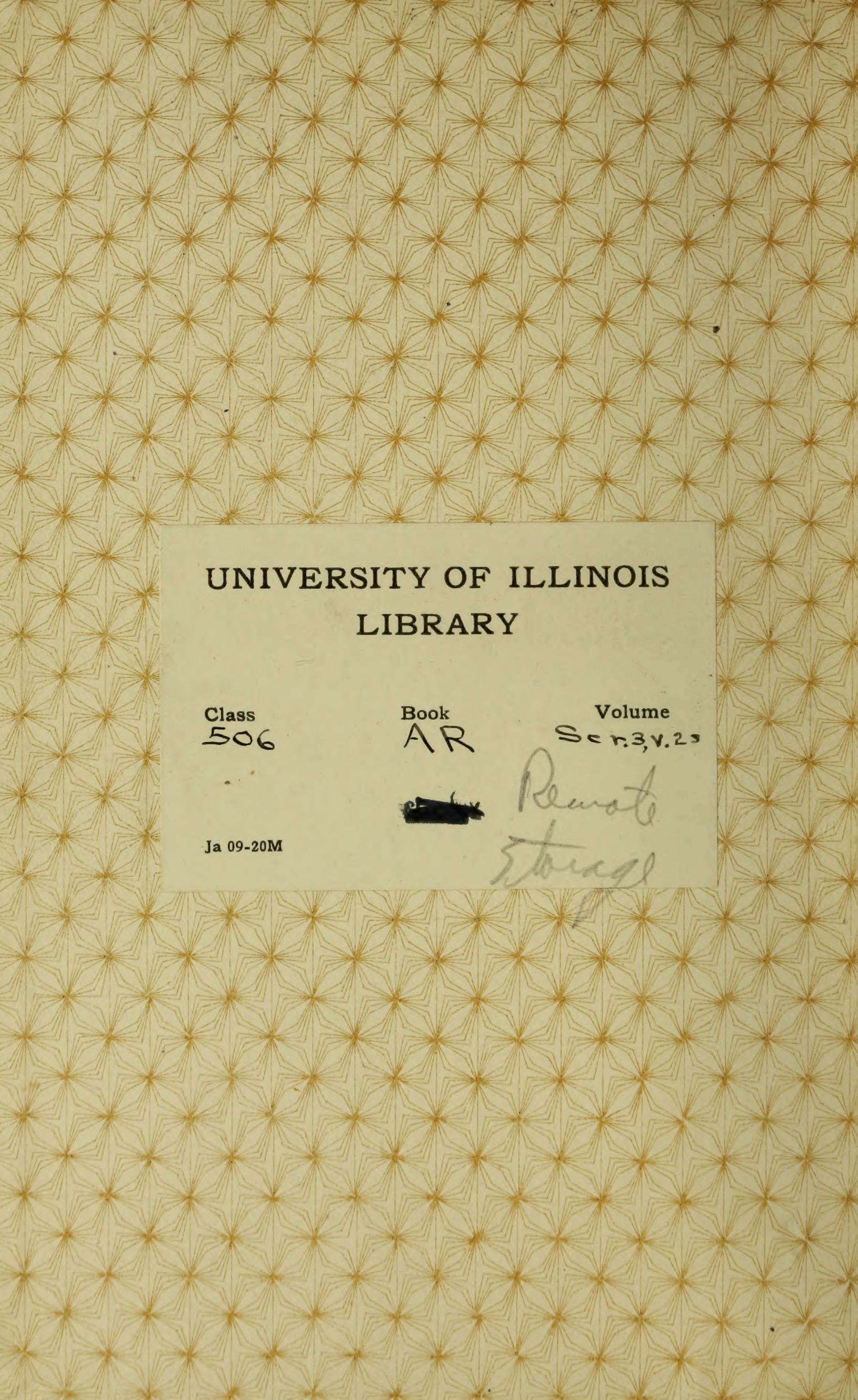
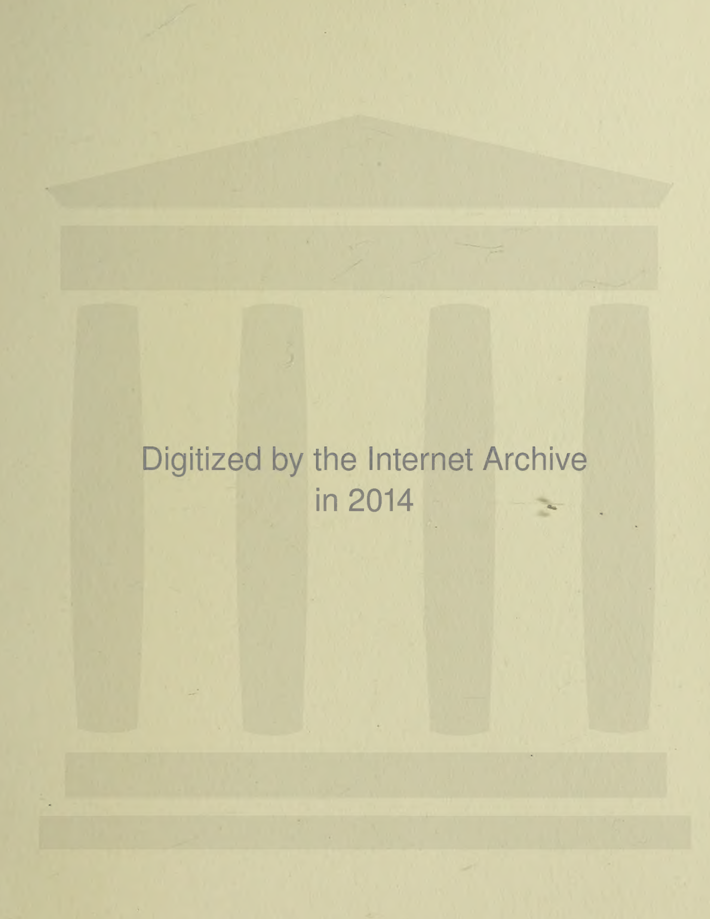








ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Imprimerie Aubert-Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

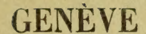
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TROISIÈME PÉRIODE

TOME VINGT-TROISIÈME



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL — Place de la Louve, 1

PARIS — G. MASSON — Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1890

RECHERCHES

SUR

L'ABSORPTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS

PAR DIVERSES SUBSTANCES

PAR

MM. J.-L. SORET et Albert RILLIET [1]

(SIXIÈME MÉMOIRE)

ÉTUDE DE DIVERS CORPS APPARTENANT A LA SÉRIE GRASSE

Dans l'étude de l'absorption des rayons ultra-violets par les corps faisant partie de la Série grasse, on rencontre de grandes difficultés provenant principalement de la presque impossibilité d'obtenir ces substances à l'état de pureté. En outre, une partie d'entre elles présentent des propriétés extrêmes, les unes étant très transparentes, tandis que les autres sont excessivement absorbantes, de sorte qu'il n'est pas aisé de les rapporter à une échelle commune. Nous ne nous dissimulons pas que le manque

[1] Pour les précédents numéros, voyez *Archives* 1878, t. LXI, p. 322; t. LXIII, p. 89; 1880, t. IV, p. 261; 1883, t. IX, p. 513, et t. X. p. 429. — M. le prof. Albert Rilliet a bien voulu s'associer à moi pour l'étude des substances qui font l'objet de ce sixième mémoire. L. S.

de précision découlant de ces conditions a quelque chose de décourageant au point de vue de la recherche des lois régissant ces phénomènes; toutefois, nous croyons que, malgré leur imperfection, les résultats que nous avons obtenus méritent d'être publiés et pourront offrir de l'intérêt.

Nous ne revenons pas sur la méthode d'observation qui a été suivie ; elle a été suffisamment décrite dans les précédents mémoires [1].

Nous rappelons que MM. Hartley et Huntington, dans leur beau mémoire sur l'absorption [2], ont étudié, par la méthode photographique, un certain nombre de corps de la série grasse; une grande partie de leurs résultats sont d'accord avec les nôtres; nous aurons cependant à signaler quelques divergences.

ALCOOLS.

Les alcools quand ils sont purs, présentent en général une grande transparence; mais leur purification complète est très difficile, si ce n'est impossible à atteindre ; la rectification, faite sur de petites quantités de liquide, amène souvent des altérations très sensibles, en sorte que c'est dans les préparations faites en grand que l'on a le plus de chance de trouver de bons produits. La présence d'une petite quantité d'eau, qui elle-même est plus transparente que les alcools, ne gêne pas sensiblement l'ob-

[1] Voyez particulièrement le quatrième mémoire (*Archives*, 1883, t. IX, p. 513).

[2] Researches on the action of organic substances on the ultra-violet rays of the spectrum. *Philosophical Transactions of the Roy. Soc.* Part. I. 1879.

servation. Du reste, ou peut toujours opérer la rectification et la dessiccation, et reprendre ensuite l'étude optique à nouveau.

MM. Hartley et Huntington ont indiqué comme conclusion de leurs recherches sur cette classe de corps, que la transparence des alcools va en diminuant à mesure que leurs formules chimiques se compliquent, le maximum de transparence correspondant à l'alcool méthylique, tandis que les alcools éthylique, propylique et octylique interceptent de plus en plus les rayons extrêmes du spectre. Sans combattre cette conclusion, qui peut paraître rationnelle, nous ne pourrions dire qu'elle résulte nettement des expériences dont on l'a déduite.

Nous avons examiné divers alcools, dont quelques-uns provenaient du laboratoire d'Isidore Pierre et de M. Puchot, qui nous les ont livrés avec la plus grande obligeance, il y a plusieurs années; leurs préparations faites en vue de leurs recherches sur les propriétés physiques des corps organiques avaient été l'objet des soins les plus minutieux. Ces échantillons sont désignés dans les tableaux par l'abréviation *P. & P.* D'autres produits ont été tirés de diverses fabriques, particulièrement de la maison Kahlbaum, de Berlin. Ces derniers échantillons sont désignés par l'abréviation *Kahlb.*

Nous allons exposer les résultats que nous avons obtenus.

Alcool méthylique (CH^3-OH). — L'alcool méthylique ordinaire ou esprit de bois du commerce contient, comme on le sait, de nombreuses substances étrangères dont il paraît impossible de le débarrasser par rectification. On obtient cet alcool à un état de pureté beaucoup plus

grand, quand on l'extrait de l'oxalate de méthyle ou du formiate.

MM. Hartley et Huntington ont reconnu que les produits impurs sont très peu transparents, tandis qu'ils ont constaté la transmission de tout le spectre ultra-violet jusqu'à la raie 28 inclusivement, sous une épaisseur de 19mm,05 (3/4 de pouce anglais), avec un alcool extrait assez en grand et avec beaucoup de soin de l'oxalate de méthyle. Ils ont observé toutefois un affaiblissement des raies extrêmes de 22 à 28, ce qui établit une infériorité par rapport à l'eau distillée examinée dans les mêmes conditions (spectre indium et zinc). Cette grande transparence de l'alcool méthylique est donc un fait bien constaté.

Dans nos déterminations, nous n'avons pas eu l'occasion d'opérer sur un produit aussi pur, mais nos observations, s'accordent d'une manière générale avec celles que nous venons de rappeler.

On jugera de la diversité des résultats que nous avons obtenus suivant les échantillons, d'après le tableau A, ci-après, et les courbes de la Planche I qui se rapportent aux produits suivants :

N° 1. Alcool méthylique ordinaire de la fabrique Kahlbaum examiné en septembre 1879. Cet échantillon est très peu transparent; l'absorption, sensible depuis la raie 10, devient très forte à partir de 22. Il se manifeste une bande d'absorption peu intense mais large entre 12 et 18 [1]. Il est à remarquer que la raie 29 est sensiblement plus visible que celles qui la précèdent (de 25 à 28).

[1] Comme nous le verrons plus bas, l'aldéhyde et les kétones donnent une bande d'absorption dans cette région. C'est probablement à quelque impureté de cette nature qu'il faut attribuer le peu de transparence de cet alcool méthylique.

N° 2. Le même produit rectifié et desséché (P. d'Éb. 64° à 726mm), examiné le 8 septembre 1879. On remarquera que la rectification a un peu amélioré la transparence aux deux extrémités du spectre ultra-violet, mais qu'elle l'a plutôt diminuée pour les raies 17 à 20.

N° 3. Même produit examiné le 9 juillet 1888. Conservé depuis neuf ans dans un flacon bouché à l'émeri, cet échantillon avait déjà été observé à nouveau dix mois après la première détermination, et avait présenté des traces de modifications; ces modifications se sont accentuées avec le temps; le produit est devenu un peu plus transparent de 22 à 29, et notablement moins transparent de 13 à 20.

N° 4. Esprit de bois ordinaire, de Paris. Ce produit, très impur, est beaucoup plus opaque que les précédents.

N° 5. Le même esprit après une rectification à —12°, par les procédés de M. Raoul Pictet, ne s'est pas beaucoup amélioré. Les impuretés ont donc une volatilité à peu près semblable à celle de l'alcool.

N° 6. Alcool méthylique extrait de l'oxalate de méthyle. La préparation étant faite sur une trop petite quantité de matière, n'a pas donné un produit satisfaisant.

N° 7. Alcool méthylique extrait de l'oxalate de méthyle, presque sans odeur, provenant de la fabrique Kahlbaum (examiné le 19 juillet 1880). La transparence est beaucoup plus grande; toutefois ce produit est encore inférieur à celui de MM. Hartley et Huntington. On remarque une bande d'absorption entre 18 et 22; elle accuse très probablement une impureté. Nous avons retrouvé une bande analogue plus ou moins marquée dans l'oxalate de méthyle et dans l'acide oxalique. Il ne nous est pas possible de nous prononcer sur son origine.

N° 8. Même produit, conservé dans un flacon bouché à l'émeri (examiné le 23 juillet 1888). Pendant ce long espace de temps, la transparence s'est peu modifiée; elle a un peu diminué de 18 à 24 et un peu augmenté de 25 à 29. La bande d'absorption sur 20 n'a pas disparu.

N° 9. Alcool méthylique extrait du formiate de méthyle (procédé de MM. Bardy et Bordet), provenant de la maison Billault et Billaudot, de Paris; odeur assez marquée. La transparence est un peu plus grande qu'avec le n° 7 pour les quatre dernières raies, mais elle est beaucoup plus faible pour le reste du spectre [1].

[1] Dans les Tableaux qui suivront, comme dans ceux des précé-

Tableau A. — **Alcool méthylique.**

RAIES	N° 1. Ordinaire *Kahlb.*	N° 2. N° 1 rectifié.	N° 3. N° 1 rectifié.	N° 4. Ordinaire de Paris.	N° 5. N° 4 rectifié à —12°.	N° 6. De l'oxalate de méthyle.	N° 7. De l'oxalate de méthyle *Kahlb.*	N° 8. De l'oxalate de méthyle *Kahlb.*	N° 9. Du formiate de méthyle.
9	—	—	—	Dépasse 95 mm	—	—	—	—	—
10	Dépasse 94 mm	—	—	32,2	35,1 mm	—	—	—	Dépasse 67 mm
12	32,45	54,1 mm	59,25 mm	7,3	9,9	—	—	—	42,3
13	21,8	27,3	13,0	—	—	—	—	—	—
14	11,25	11,65	5,85	1,2	1,5	10,5 mm	—	—	14,87
16	—	8,0	—	—	0,05	—	—	—	—
17	11,25	11,1	7,22	0,9	0,85	5,3	Dépasse 90 mm	—	12,8
18	16,55	14,4	9,6	0,5	0,85	6,4	78,28	74,9 mm	14,6
20	14,1	13,07	8,65	0,25	0,27	3,1	45,37	40,7	13,15
22	0,6	1,02	1,67	Insensible.	0,12	1,0	59,32	54,93	13,93
24	0,22	0,6	0,82	—	Insensible.	0,6	31,5	30,87	9,0
25	0,15	0,25	0,7	—	—	0,32	6,44	7,98	6,37
26	0,19	0,37	0,82	—	—	0,3	4,25	5,0	5,47
27	0,12	0,25	0,6	—	—	0,1	1,96	3,15	3,2
28	0,17	0,35	0,62	—	—	0,12	1,79	2,7	3,0
29	0,25	0,47	0,6	—	—	0,1	1,17	1,97	2,1

Alcool éthylique[1] (C^2H^5-OH). — D'après MM. Hartley et Huntington l'alcool éthylique pur et absolu, sous une épaisseur de 19mm, intercepterait les rayons plus réfrangibles que la raie 22 qui serait elle-même très affaiblie. L'alcool éthylique serait donc notablement moins transparent que l'alcool méthylique, dont le spectre, sous la même épaisseur, atteint la raie 28.

Nos recherches ne nous ont pas conduit à ce résultat : nous reconnaissons que l'alcool absolu présente approximativement le degré d'absorption que lui assignent MM. Hartley et Huntington ; mais c'est aux impuretés qui se produisent lors de la dessiccation complète que l'on doit attribuer cette transparence limitée. D'après les indications de M. Kahlbaum, l'alcool éthylique complètement desséché contient toujours des traces d'aldéhyde et d'acétal[2]; or, comme nous le verrons, l'aldéhyde,

dents mémoires, la première colonne indique les numéros des raies ultra-violettes du spectre auxquelles se rapportent les observations. La position de ces raies est indiquée dans les Planches; nous rappelons d'ailleurs ici quelle est approximativement la longueur d'ondulation des principales d'entre elles:

N° 9	Cadmium :	λ=360,9	N° 25	Cadmium :	λ=219,5
10	»	346,6	26	»	214,3
11	»	340,2	27	Zinc :	209,9
12	»	324,7	28	»	206,3
17	»	274,7	29	»	202,4
18	»	257,1	30	Aluminium :	298,8
22	»	232,2	31	»	193,4
24	»	226,5	32	»	186,0

Les chiffres des autres colonnes des Tableaux donnent l'épaisseur du liquide qui produit l'extinction de la raie ultra-violette correspondante.

[1] Nous rappelons que le sucre de canne, dont l'alcool éthylique dérive le plus souvent, présente une grande transparence. (Voyez Cinquième Mémoire, tableau H.)

[2] Nous ne serions pas surpris qu'il contînt aussi de l'acétone.

particulièrement, absorbe énergiquement les rayons ultra-violets.

Les produits purs, mais moins desséchés, par exemple des échantillons d'alcool à 96 °/₀ de la fabrique Kahlbaum, présentent une transparence bien plus grande et au moins égale à celle que MM. Hartley et Huntington ont obtenue pour l'alcool méthylique.

Les alcools ordinaires que l'on trouve dans le commerce sous la dénomination d'alcools rectifiés à 40° (Cartier), sont habituellement plus transparents que l'alcool absolu pur. Nous avons eu à mainte reprise à examiner de ces produits qui nous ont souvent servi comme dissolvant dans le cours de nos recherches. Nous n'avons pas observé que leur transparence subît des modifications avec le temps et nous avons toujours obtenu les mêmes chiffres dans la limite des erreurs d'observation, tant que nous opérions avec le même échantillon.

L'ensemble des résultats numériques que nous avons obtenus sur l'alcool éthylique sont consignés dans le tableau B, ci-dessous, et dans les courbes de la Planche II.

N° 1. Alcool du commerce, dit rectifié à 40 degrés. La transparence de ce liquide est déjà très grande. Sous une épaisseur de 20^{mm} même en opérant avec une lumière faible, on voit encore facilement la raie 26. Le spectre est donc bien plus étendu que ne l'indiquent MM. Hartley et Huntington.

On remarque quelques inflexions dans la courbe mais pas de bandes d'absorption.

N° 2. Autre échantillon d'alcool du commerce à 40 degrés. Ce produit se comporte à peu près de même que le précédent pour les quatre raies extrêmes mais il est plus transparent de 20 à 25 inclusivement. La courbe est plus régulière.

N° 3. Autre échantillon du commerce (alcool fédéral suisse) est inférieur au n° 1, sans en différer beaucoup.

N° 4. Alcool éthylique pur de Kahlbaum plus transparent que les précédents; la courbe présente deux inflexions.

N° 5. Le même produit rectifié. P. d'Eb. à 77° sous 730mm. La transparence est généralement plus grande ; cependant elle a diminué pour la raie 25, et la courbe présente en ce point *une forte inflexion.* Ce fait qui a été constaté d'une manière positive, provient évidemment d'une altération accompagnant la rectification.

N° 6. Autre échantillon d'alcool pur de Kahlbaum à 96 %. Ce produit est notablement supérieur aux deux précédents pour la partie extrême du spectre : la raie 29 ne disparaît que sous une épaisseur de 18mm,6; la raie 30 (de l'aluminium) s'éteint à 4mm. L'inflexion près de la raie 25 est sensible, ce qui semble indiquer que la pureté n'est pas encore parfaite.

Nos 7 et 8. Deux échantillons d'alcool absolu de Kahlbaum à 99,8 %. La transparence est notablement plus faible que pour l'alcool non concentré. En particulier on remarque un minimum sur la raie 25. Ces produits sont cependant plus transparents que l'alcool absolu étudié par MM. Hartley et Huntington.

(Voir le Tableau B ci-derrière.)

Nous avons fait aussi quelques observations sur l'action d'une addition d'eau à l'alcool. Nous avons opéré sur les deux échantillons d'alcool de Kahlbaum à 99,8 p. % (n° 7 à 8 ci-dessus) en y ajoutant la moitié de leur volume d'eau distillée très pure ; si l'on considère cette dernière comme absolument transparente comparativement à l'alcool, et s'il ne se produit aucune réaction chimique pendant la dissolution, le mélange de deux volumes d'alcool avec un volume d'eau devrait avoir une transparence égale à celle de l'alcool multipliée par $^3/_2$. L'expérience ne confirme guère cette hypothèse; comme on peut le voir dans le tableau B′ qui suit, la transparence de l'alcool dilué est effectivement plus grande que celle de l'alcool pur; mais elle est inférieure à la transparence calculée pour les raies de 22 à 26 ou 27, et supérieure pour les raies encore plus réfrangibles. L'action complète de la dissolution ne paraît pas d'ailleurs

TABLEAU B. — **Alcool éthylique.**

RAIES	No 1. Alcools rectifiés du commerce.	No 2. Alcools rectifiés du commerce.	No 3. Alcools rectifiés du commerce.	No 4. Pur *Kahlb.*	No 5. N° 4 rectifié.	No 6. Pur, à 96 % *Kahlb.*	No 7. Absolu, à 99,8 % *Kahlb.*	No 8. Absolu, à 99,8 % *Kahlb.*
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	Dépasse 100		Dépasse 100				Dépasse 105	
22	55,1	100,0 ?	50,3	Dépasse 100	Dépasse 100	Dépasse 100	36,0	37,45
24	33,35	64,55	32,4	73,75	78,25	72,9	22,32	24,8
25	26,35	36,4	23,2	52,55	46,3	53,05	19,35	20,05
26	23,75	24,32	20,0	46,25	48,8	48,4	19,8	21,55
27	16,4	16,8	17,3	24,25	33,2	40,85	17,7	20,2
28	12,75	11,3	12,8	18,85	23,1	34,2	16,7	18,05
29	7,17	7,5	7,1	7,7 ?	11,45	18,6	12,2	11,75
30	—	—	—	—	—	4,3	2,85	1,6
31	—	—	—	—	—	0,5	—	—

N. B. — Les deux chiffres marqués d'un ? sont probablement un peu trop faibles. — Les mesures prises sur les raies de l'Aluminium, 30 et 31, présentent toujours une assez grande incertitude.

se produire immédiatement; il se manifeste des changements avec le temps, en particulier le minimum correspondant à la raie 25, qui s'accentue au moment du mélange, s'atténue peu à peu, sans disparaître entièrement.

Ces mélanges d'alcool absolu et d'eau sont beaucoup moins transparents que l'alcool pur à 96 °/₀ (nº 6) sauf pour les raies extrêmes 29 et 30.

TABLEAU B′. — **Alcool éthylique étendu de la moitié de son volume d'eau.**

RAIES	Nº 7.		Nº 8.			
				Observé		
	Calculé.	Observé immédiatement après le mélange.	Calculé.	Immédiatement après le mélange.	5 jours après le mélange.	88 jours après le mélange.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
22	54,0	40,0	56,17	41,15	43,33	49,0
24	33,48	27,1	37,2	32,2	35,9	38,2
25	29,02	22,2	30,07	24,82	30,43	34,2
26	29,7	25,1	32,32	30,0	33,93	36,0
27	26,55	25,0	30,3	31,3	32,8	31,3
28	25,05	29,8	27,07	35,0	31,8	28,7
29	18,3	20,95	17,62	25,2	24,9	23,9
30	4,27	4,7	2,4	—	12,65	—

Alcool propylique. CH^3-CH^2-CH^2-OH. — L'alcool propylique nous a donné des résultats très divergents suivant les échantillons. MM. Hartley et Huntington ont indiqué que ce produit, sous une épaisseur de 19 mm., intercepte les raies plus réfrangibles que 20. Un des échantillons que nous avons examinés, et qui provenait de la fabrique Kahlbaum, présentait, sous la même épaisseur, une transparence notablement plus grande: car il

laissait facilement apercevoir la raie 26. Mais ce liquide, abandonné à lui-même, s'est un peu modifié et a perdu de sa transparence. Sa rectification, loin de le ramener à l'état primitif a diminué considérablement sa faculté de transmission, et fait apparaître une bande d'absorption sur les raies 24 et 25.

Un échantillon préparé par Isidore Pierre et Puchot, et qui avait sans doute subi plusieurs rectifications, s'est comporté d'une manière analogue à l'alcool de Kahlbaum rectifié; la bande d'absorption est manifeste.

L'alcool propylique doit donc être considéré comme un corps très instable; c'est ce que montreront encore mieux les résultats numériques consignés dans le tableau C et, en partie, dans les courbes de la Planche III.

N° 1. Alcool propylique de Kahlbaum, examiné le 19 août 1879, (P. d'Eb. à 97°,1 sous 760 mm.). La transparence est grande; la courbe présente une inflexion peu prononcée.

N° 2. Même produit, examiné le 8 septembre; moins transparent sauf pour les trois dernières raies; l'inflexion de la courbe s'accentue entre 25 et 26.

N° 3. Même produit rectifié (7 novembre). La transparence a beaucoup diminué de 22 à 26; une bande d'absorption s'accuse sur 24 et 25. (Nous ne mentionnons pas d'autres séries d'observations sur ce produit rectifié : la transparence s'est de plus en plus affaiblie).

N° 4. Une nouvelle portion du liquide n° 2 a été soumise à une rectification dans laquelle on a séparé en deux parts le liquide distillé. Les premières portions qui ont passé sont désignées par le n° 4. La transparence est encore plus faible que dans le n° 3, et la bande d'absorption plus accusée sur 25.

N° 5. Dernières portions ayant passé à la distillation. La transparence est un peu meilleure.

N° 6. Alcool propylique préparé par Isidore Pierre et Puchot, très peu odorant, examiné le 6 septembre 1879. La transparence est très faible de 22 à 26, comparativement au n° 1; mais elle est un peu supérieure pour les trois raies extrêmes. La bande d'absorption a son centre près de 24.

N° 7. Même produit examiné à nouveau le 17 décembre. La transparence paraît avoir diminué de 20 à 25, et un peu augmenté de 27 à 29.

N° 8. Même produit, conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné à nouveau le 3 août 1888. Le liquide est très clair, sa transparence est devenue notablement plus grande pour la raie 20. Le changement est peu considérable dans le reste du spectre : la bande d'absorption et le maximum qui la suit, sont un peu peu moins accusés que précédemment; la raie 29 est visible sous une plus grande épaisseur.

N° 9. Alcool propylique de Kahlbaum, nouvel échantillon, reçu et examiné le 24 mai 1880. Notablement moins bon que le n° 1, sanf pour les trois dernières raies. La bande d'absorption est sensible.

(Voir le tableau C ci-derrière.)

De même que pour l'alcool éthylique, nous avons recherché si la diminution de transparence que l'alcool propylique subit à la suite de rectifications, provient de la simple dessiccation et si, en rajoutant de l'eau, on pourrait ramener le produit à sa transparence primitive. Nous n'avons pas trouvé qu'il en fût ainsi.

En effet, nous avons pris de l'alcool rectifié, de Kahlbaum; nous en avons mesuré l'absorption, puis nous y avons ajouté successivement des quantités croissantes d'eau, et nous avons chaque fois répété les mesures. Les chiffres, qui sont consignés dans le tableau C', se rapportent à des mélanges contenant, en volumes : 2 °/₀; 4,8 °/₀; 9,8 °/₀ et 25 °/₀ d'eau. Ils montrent que l'action de la rectification n'a pas disparu, et même, dans plusieurs cas, que la transparence absolue a encore diminué. Or, si l'eau, qui est extrêmement transparente, ne jouait qu'un rôle de dilution, sans action chimique, elle devrait diminuer l'absorption à épaisseur égale : on ne voit pas que ce soit là l'effet produit généralement.

TABLEAU C. — **Alcool propylique.**

RAIES	No 1. Kahlb.	No 2. Kahlb.	No 3. N° 2 rectifié.	No 4. N° 2 rectifié. 1re portion.	No 5. N° 2 rectifié. 2me portion.	No 6. P. et P.	No 7. P. et P.	No 8. P. et P.	No 9. Kahlb.
18			Dépasse 108 mm	Dépasse 68 mm					
20	Dépasse 100 mm	Dépasse 71 mm	60,4	50,1	Dépasse 55 mm	63,55 mm	55,35 mm	80,2 mm	Dépasse 90 mm
22	59,1	51,77	16,22	14,1	17,17	10,85	9,35	10,35	27,5
24	43,55	35,57	12,8	12,0	15,55	9,7	8,85	8,8	23,5
25	30,0	24,0	12,37	10,45	13,98	10,15	7,3	8,35	17,87
26	24,15	22,65	13,45	14,2	15,1	12,9	12,37	11,65	19,1
27	10,7	10,7	9,27	9,7	8,82	10,95	12,45	11,0	12,05
28	5,2	6,25	7,4	5,5	6,47	10,45	11,4	11,0	10,15
29	1,52	1,52	2,62	2,4	2,42	3,4	4,7	6,1	5,05

Nous devons ajouter que ces chiffres ne nous inspirent pas une entière confiance ; il semble que l'action de l'eau ne soit pas immédiate. De plus l'oxygène dissous dans l'eau ou fourni par l'air pendant la manipulation, peut avoir exercé une influence notable.

TABLEAU C'. — **Alcool propylique étendu, contenant, en volume, les proportions d'eau suivantes.**

RAIES	Absolu.	2 %	4,8 %	9,8 %	25 %
22	15,0	14,0	14,8	13,8	16,0
24	12,8	11,5 (?)	15,7 (?)	13,7	16,2
25	12,0	11,0	13,6	13,0	12,2
26	14,5	13,6	14,0	13,1	13,1
27	8,8	8,5	10,6	9,3	10,7
28	6,1	6,1	7,3	10,0 (?)	6,3
29	2,25	2,1	3,1	2,3	2,3

Alcool isopropylique $\left(\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}>CH—OH\right)$. — Nous n'avons étudié qu'un seul échantillon d'alcool isopropylique : il provenait de la fabrique Kahlbaum. Nous l'avons trouvé très absorbant pour tout le spectre ultraviolet à partir de la raie 12. Il nous paraît probable que cette grande opacité provient d'impuretés ; en effet, ce ne sont pas seulement les alcools « normaux » qui sont doués d'une grande transparence; nous verrons tout à l'heure que l'alcool isobutylique se comporte d'une manière analogue à l'alcool éthylique et à l'alcool propylique normal. Le spectre que nous avons obtenu présente du reste assez de rapport avec ceux d'autres alcools impurs.

Nous avons aussi examiné un mélange de 95 % en volume d'alcool éthylique et de 5 % d'alcool isopropy-

lique, afin de mieux juger des détails de la courbe qui sont difficilement appréciables avec ce dernier alcool non dilué. On trouve ainsi des inflexions coïncidant par leur position avec celles de l'alcool propylique ou d'autres produits.

Les résultats sont consignés dans le tableau D et dans les courbes de la Planche III.

N° 1. Alcool isopropylique absolu de Kahlbaum, examiné le 2 décembre 1879.

N° 2. Même produit conservé dans un flacon bouché au liège, examiné le 28 juillet 1888. La transparence s'est légèrement améliorée.

N° 3. Mélange de 95 % d'alcool éthylique avec 5 % de l'alcool propylique n° 1.

Tableau D. — **Alcool isopropylique.**

RAIES	N° 1. *Kahlb.*	N° 2. N° 1 conservé.	N° 3. N° 1 très dilué.
10	Dépasse 78 mm		—
Zn $\lambda = 334$	—	Dépasse 70 mm	
Zn $\lambda = 330$			Dépasse 71 mm
12	24,0	39,65	
Mg ($\lambda = 309$)	—	7,3	—
14	2,15	3,4	70,0
Mg ($\lambda = 293$)	—	4,1	—
16	—	1,3	35,75
17	1,2	2,05	23,15
18	1,0	1,0	16,07
20	0,24	0,35	6,7
22	0,16	0,22	4,5
24	0,13	0,26	5,02
25	0,17	0,35	5,0
26	0,27	0,63	6,85
27	0,15	0,5	4,2
28	0,15	0,35	4,5
29	0,05	0,3	2,2

Alcool isobutylique $\left(\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}>CH—CH^2—OH\right)$. — Nous avons examiné plusieurs échantillons d'alcool isobutylique qui ont donné des résultats fort différents les uns des autres. La transparence des meilleurs d'entre eux se rapproche de celle que nous avons obtenue pour l'alcool propylique; les variations d'un même échantillon, observé à différentes époques, sont moins considérables.

Les résultats numériques sont consignés dans le tableau E ci-derrière et dans les courbes de la Planche IV.

N° 1. Alcool isobutylique ordinaire de Kahlbaum, d'ancienne provenance (reçu en 1873, examiné le 9 décembre 1879). La transparence diminue rapidement à partir de la raie 20, elle présente un minimum sur la raie 25, puis un maximum sur 26. Le même produit, examiné de nouveau en mai 1880, a donné des chiffres identiques et que, par suite, il nous a paru inutile d'inscrire dans le tableau.

N° 2. Alcool isobutylique pur de Kahlbaum, reçu en 1879. Beaucoup plus transparent que le n° 1 pour les raies 20 à 26; moins transparent pour l'extrémité du spectre; pas de bande d'absorption.

N° 3. Même produit desséché et rectifié (le point d'ébullition n'est pas constant et varie de 102° à 106°, le baromètre étant à 730°). La transparence a diminué de 22 à 26 inclusivement, sans cependant aller jusqu'à produire une bande d'absorption.

N° 4. Nouvel échantillon de Kahlbaum, examiné le 9 décembre 1879. Ne s'éloigne pas beaucoup du n° 2, est cependant notablement plus transparent de 27 à 29.

N° 5. Même produit rectifié. La transparence est améliorée pour 20 et 22, légèrement diminuée pour 24 et peu modifiée pour le reste du spectre.

N° 6. Le produit n° 4 ci-dessus, conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné de nouveau le 30 juillet 1888, a sensiblement augmenté de transparence pendant ce laps de temps.

N° 7. Alcool isobutylique d'Isidore Pierre et Puchot. (P. d'éb. à 107°,9, à 760^{mm}), examiné le 9 décembre 1879. Sans doute à la suite de plusieurs rectifications, la transparence de ce produit

TABLEAU E. — **Alcool isobutylique.**

RAIES	No 1. Ordinaire *Kahlb.*	No 2. Pur *Kahlb.*	No 3. N° 2 rectifié.	No 4. Pur *Kahlb.*	No 5. N° 4 rectifié.	No 6. N° 5 conservé.	No 7. *P.* et *P.*	No 8. N° 7 conservé.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
18	(106,0)			82,7			96,45	(105,4)
20	42,6	72,0	Dépasse 74	73,0	Dépasse 82	Dépasse 83	24,15	20,02
22	11,95	48,27	41,0	44,4	52,4	63,77	6,85	6,93
24	12,3	32,43	32,9	36,7	34,8	44,5	6,35	6,48
25	10,7	21,92	20,4	20,5	20,0	34,22	6,6	6,93
26	12,95	16,3	14,3	16,5	16,5	21,12	8,95	8,3
27	8,3	6,6	6,5	11,1	10,2	11,9	6,75	8,17
28	7,65	5,7	5,2	9,0	8,4	9,0	6,9	10,85
29	3,65	2,67	2,1	5,0	5,15	5,05	5,87	6,55

est beaucoup plus faible que celle de tous les produits précédents, sauf pour l'extrémité du spectre. On remarque une bande d'absorption analogue à celle du n° 1, le minimum de transparence coïncide avec 25, et le maximum suivant avec 26. Il y a une grande similitude entre la courbe de ce produit et celle de l'alcool propylique N° 6 (*P. & P.*) comme on le voit dans la Planche IV (courbe pointillée).

N° 8. Même produit, conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné à nouveau le 3 août 1888. La principale modification qui s'est produite consiste en ce que le maximum de transparence, qui coïncidait avec la raie 26, s'est transporté sur la raie 28, laquelle est devenue la plus visible à partir de 22.

Alcool amylique (C^5H^{11}—OH). — Les échantillons d'alcool amylique que nous avons étudiés sont beaucoup moins transparents que les précédents alcools. La forme compliquée des courbes semble indiquer la présence d'impuretés dont l'effet masque complètement les propriétés de l'alcool lui-même. On sait d'ailleurs que cet alcool n'est jamais pur et bien défini.

Les résultats sont consignés dans le tableau F et en partie dans les courbes de la Planche IV.

N° 1. Alcool amylique de Kahlbaum (odeur assez âcre). La transparence diminue brusquement à partir de la raie 12; elle atteint un minimum sur 17, puis il se manifeste une reprise sensible, particulièrement sur la raie 22, à partir de laquelle l'opacité redevient très grande [1].

N° 2. Même produit desséché et rectifié. P. d'é. 127°,5 à 128°,3 sous 732mm. L'absorption est en général un peu moins forte, mais la différence n'est pas grande.

N° 3. Alcool amylique d'Isidore Pierre et Puchot, examiné le 21 août 1879. L'odeur est beaucoup plus faible et plus agréa-

[1] La courbe de cet alcool présente un très grand rapport avec celle que donnerait l'acétone non rectifiée diluée dans l'alcool éthylique dans la proportion de 1,25 %.

ble que celle des produits précédents et l'absorption est notablement moins forte; toutefois, le maximum de transparence sur 22 est moins prononcé. On remarque encore deux faibles bandes d'absorption sur 20 et sur 17. De nouvelles mesures prises deux mois plus tard ont confirmé ces résultats.

N° 4. Même produit conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné le 4 août 1888. Les résultats sont presque identiques de 20 à 29, mais la transparence a un peu diminué dans la partie la moins réfrangible du spectre; le minimum sur 17 est plus accusé. Avec le spectre du fer, on constate une bande d'absorption bien positive s'étendant de 20 jusqu'à mi-distance entre 20 et 22. (Le produit n° 3 n'avait pas été examiné à la lumière du fer.)

Tableau F. — **Alcool amylique.**

RAIES	N° 1. *Kahlb.*	N° 2. N° 1 rectifié.	N° 3. *P.* et *P.*	N° 4. N° 3 conservé.
10	Dépasse 107 mm			—
11	—	Dépasse 97 mm	100,0 mm	
Zn ($\lambda = 334$, $\lambda = 330$)	—	—	—	Dépasse 100 mm
12	5,5	9,55	47,85	35,4
Mg ($\lambda = 309$)	—	—	—	12,5
14	1,7	3,02	9,4	5,7
Mg ($\lambda = 293$)	—	—	—	10,35
16	1,1	—	—	3,0
17	0,4	0,95	3,72	2,15
18	0,7	0,7	3,87	3,2
20	0,85	0,65	2,0	2,05
22	3,82	4,4	2,62	2,45
24	2,47	3,86	1,0	1,01
25	1,12	1,87	0,8	0,77
26	0,62	1,07	0,65	0,65
27	0,17	0,35	0,45	0,4
28	0,17	0,03	0,27	0,35
29	0,05	0,01	0,15	0,15

Nous pouvons résumer de la manière suivante les résultats de l'étude des alcools que nous venons de relater :

Les divers alcools présentent en général une grande transparence. Il est probable que les échantillons qui font exception contiennent des impuretés. La rectification et surtout la dessiccation complète amènent une décomposition ou une oxydation des alcools qui diminue souvent leur transparence. Il est à peu près certain que les alcools étudiés n'étaient pas d'une pureté absolue et par conséquent que la limite de leur transparence pourrait être encore reculée. Il serait prématuré d'affirmer qu'il y a une différence déterminée de transparence entre les divers alcools supposés complètement purs.

La mesure de l'absorption des rayons ultra-violets est évidemment un moyen très délicat pour apprécier la pureté des alcools.

Produits d'oxydation des alcools.

Nous passons maintenant à l'examen de quelques produits d'oxydation des alcools dont la présence altère fréquemment la pureté d'autres préparations et qui jouent un rôle important par l'énergie de leur pouvoir absorbant [1].

Aldéhyde.

Il suffit de soumettre l'alcool à une action oxydante, par exemple à celle du bichromate de potasse, pour lui

[1] Nous ne parlerons pas ici des acides gras qui seront étudiés dans un autre chapitre.

faire beaucoup perdre de sa transparence. En effet l'aldéhyde qui se forme dans ces circonstances est très opaque.

L'aldéhyde absolue [1] intercepte presque complètement les rayons ultra-violets à partir de la raie 10 jusqu'à l'extrémité du spectre. L'absorption est particulièrement énergique de 12 à 17; il y a ensuite une petite reprise de la transparence avec un maximum sur la raie 24.

L'étude de ce corps est d'ailleurs difficile à cause de sa grande volatilité. Lorsqu'on l'examine sans le diluer, il est si opaque que l'on ne peut guère juger des variations d'une raie à l'autre; si on le dissout, l'évaporation rapide de l'aldéhyde modifie la concentration à chaque instant.

Le tableau G placé plus bas donne les résultats que nous avons obtenus sur les deux produits suivants :

1. Aldéhyde (Acétaldéhyde : CH^3-CO-H), provenant de la fabrique Kahlbaum, présentant une réaction acide prononcée.

2. Même produit rectifié sur du carbonate de potasse; l'opacité du produit n'a pas beaucoup diminué; cependant le maximum de transparence sur 24 est plus prononcé. La courbe de ce produit est donnée Pl. V.

Nous consignons en outre dans le tableau G' et dans la Planche V les résultats obtenus sur le produit suivant :

Alcool éthylique additionné de 1 p. % d'aldéhyde (produit n° 2). L'augmentation de transparence n'est pas proportionnelle au degré de dilution; il doit se produire une action chiimique pendant la dissolution. La bande d'absorption sur la raie 16 est très prononcée; le maximum de transparence s'est porté sur 22,

[1] Nous employerons le terme « absolu » d'une manière générale pour désigner des produits non dilués, bien que l'usage en soit habituellement restreint à l'alcool et aux éthers. Le terme « pur, » avec son double sens, donnerait facilement lieu à des confusions.

mais il est très possible que ce déplacement provienne de l'évaporation rapide de l'aldéhyde, la raie 22 ayant été observée après la raie 24. Le liquide ne présentait aucune stabilité, et une seconde série de mesures prises immédiatement après celle qui est inscrite dans le tableau a donné des chiffres assez différents et généralement plus forts.

Kétones.

Nous avons étudié plusieurs kétones à l'état absolu, provenant de la fabrique Kahlbaum. Elles sont toutes très absorbantes et présentent entre elles une grande similitude. Les résultats sont consignés dans le tableau G ci-derrière (contenant déjà les chiffres relatifs à l'aldéhyde) et sur les courbes de la Planche VI qui est à une échelle *10 fois plus grande* que les précédentes. Les produits examinés sont :

1. *Acétone* (Diméthylkétone) rectifiée, CH^3-CO-CH^3), très absorbante à partir de la raie 12 jusqu'à l'extrémité du spectre, avec une petite reprise de la transparence sur 22 et 24; il y a un minimum très prononcé de 17 à 20. — P. d'éb. 55 à 56°, sous 723^{mm}.

2. Même acétone rectifiée au bisulfite de soude. Ce produit est toujours très opaque entre 14 et 20, quoique un peu moins que l'acétone n° 1; le minimum de transparence tombe sur 17; l'absorption est notablement moins énergique à partir de 22; il y a un maximum de transparence très prononcé sur 26, et un second maximum beaucoup moins net sur 28 [1].

3. *Méthyléthylkétone* (CH^3-CO-C^2H^5). L'absorption est très considérable à partir de la raie 12. Le minimum de transparence tombe toujours sur la raie 17, et il y a sur la raie 26 un maximum bien marqué, quoique moins prononcé qu'avec le n° 2.

4. *Méthylpropylkétone* (CH^3-CO-C^3H^7). L'absorption est du même ordre que celle de la méthyléthylkétone jusqu'à la raie 22, le maximum de transparence tombant toujours sur 17; mais à partir de

[1] Un coup d'œil jeté sur les courbes des alcools montre qu'on y retrouve souvent des maximums ou des inflexions dans les mêmes positions.

TABLEAU G. — **Aldéhyde et Kétones absolues.**

RAIES	Aldéhyde (acide).	Aldéhyde (rectifiée).	Acétone (Diméthylkétone) (rectifiée).	Acétone (Diméthylkétone) (purifiée au bisulfite).	Méthyléthyl-kétone.	Méthylpropyl-kétone.	Méthylhéxyl-kétone.	Propione (Diéthylkétone).
9	Dépasse 77 mm				—	—	—	
10	49,3	46,95 mm	Dépasse 67 mm	Dépasse 80 mm			—	Dépasse 52 mm
11	—	—	—	—	Dépasse 60 mm	Dépasse 60 mm		—
Zn (λ = 334)	—	—	—	—	54,0	57,35	51,45 mm	8,03
Zn (λ = 330)						12,7	13,80	—
12	0,2	0,1	5,62	6,05	3,65	4,32	—	—
Mg (λ = 309)	—	—	—	—	0,15	0,4	0,25	0,45
14	Insensible.	Insensible.	0,1	0,37	—	—	—	—
Mg (λ = 293)	—	—	—	—	0,02	0,16	0,07	0,14
16	Insensible.	Insensible.	—	—	—	—	—	—
17	0,06	0,05	0,02	0,2	0,01	0,03	0,08	0,02
18	0,17	0,12	0,05	0,23	0,08	0,11	0,23	0,15
20	0,17	0,2	0,02	0,15	0,12	0,17	0,34	0,15
22	1,97	2,85	0,98	1,15	1,57	1,26	2,10	0,02
24	2,35	4,6	1,12	2,35	2,45	0,76	2,42	0,01
25	1,25	2,8	0,15	4,9	3,05	0,21	2,85	—
26	1,15	2,0	0,05	10,22	3,9	0,14	3,10	—
27	0,6	0,87	Insensible.	5,85	3,25	0,06	2,05	—
28	0,47	0,5	—	6,07	1,9	0,02	1,25	—
29	0,22	0,2	—	1,07	0,18	Insensible.	0,4	—

22, l'absorption augmente de nouveau d'une manière continue; on n'observe donc pas de maximum sur 26, ce qui peut provenir d'impuretés.

5. *Méthylhéxylkétone* (CH^3-CO-C^6H^{13}). Ce produit se comporte d'une manière très analogue à la méthyléthylkétone; il est toutefois un peu moins transparent; le minimum tombe sur 17 et le maximum sur 26.

6. Propione, *Diéthylkétone* (C^2H^5-CO-C^2H^5). Paraît plus absorbant que les précédents produits; il y a toujours minimum de transparence sur 17, mais le maximum suivant est peu prononcé et l'absorption très forte à partir de la raie 25. Il est probable que cette grande opacité est due à des impuretés.

Nous avons ensuite étudié les mêmes kétones à l'état de solution; les résultats, dont l'importance n'est que secondaire, sont consignés dans le tableau G' et se rapportent aux produits suivants :

1. L'acétone rectifiée (n° 1) en dissolution aqueuse dans la proportion de 40 gr. dans un litre. Il doit s'être produit une réaction chimique pendant la dissolution car, au moins de 12 à 20, l'augmentation de transparence est plus grande que celle du degré de dilution. Le minimum de transparence entre 17 et 20, et le maximum entre 22 et 24 sont toujours très prononcés.

2. La méthyléthylkétone en solution aqueuse dans la proportion de 72 grammes (soit un poids moléculaire) dans un litre. La transparence est loin d'être restée proportionnelle au degré de dilution. Le minimum et le maximum de transparence ne sont pas déplacés.

4. La méthylpropylkétone dissoute dans de l'alcool aqueux dans la proportion de 34,4 gr. dans 1 litre; c'est-à-dire au même titre et dans les mêmes conditions qu'une dissolution de propione déjà effectuée (voir n° 5 ci-dessous). Le minimum et le maximum de transparence n'ont pas changé par la dissolution; mais il n'y a pas proportionnalité entre l'absorption et la concentration.

4. La méthylhéxylkétone en solution alcoolique dans la proportion de 128 gr. (1 poids moléculaire) dans 1 litre, donne des résultats analogues.

5. La proprione dans la proportion de 34,4 gr. dans 1 litre. Lorsqu'on a préparé cette solution, on avait d'abord voulu l'effectuer dans l'eau dans la proportion d'un poids moléculaire, soit 86 gr.

dans un litre; mais la dissolution ne se faisant pas, on a rajouté de l'alcool; le dissolvant est donc de l'alcool très aqueux (1 vol. d'eau et 1 ¼ vol. d'alcool).

Tableau G'. — **Aldéhyde et Kétones diluées.**

RAIES	Solution alcoolique d'aldéhyde à 1 °/₀.	Solution aqueuse d'acétone (40 gr. dans 1 litre).	Solution aqueuse d'éthylméthyl-kétone (72 gr. dans 1 litre).	Solution alcoolique aqueuse de méthylpropyl-kétone (86 gr. dans 1 litre).	Solution alcoolique de méthylhéxyl-kétone (128 gr. dans 1 litre).	Solution alcoolique aqueuse de propione (86 gr. dans 1 litre).
10	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—
Zn { $\lambda = 334$ / $\lambda = 330$	—	—	Dépasse 80 mm	Dépasse 60 mm	Dépasse 64 mm	Dépasse 60 mm
12	Dépasse 80 mm	Dépasse 70 mm	—	—	—	—
Mg ($\lambda = 309$)	—	—	30,0	28,4	4,1	21,6
14	22,0	5,35	—	—	—	—
Mg ($\lambda = 293$)	—	—	3,7	8,0	2,25	4,7
16	13,6	—	—	—	—	—
17	33,9	2,25	1,16	3,9	1,12	2,38
18	47,8	2,2	1,11	5,12	1,87	2,75
20	50,5	1,9	1,25	5,8	2,0	2,7
22	59,0	13,2	7,8	14,4	10,3	1,0
24	39,5	14,8	14,17	11,85	12,73	0,5
25	25,2	5,7	22,37	6,69	13,1	0,34
26	23,0	4,3	29,2	6,14	13,02	0,32
27	14,3	1,2	20,6	3,6	7,9	0,2
28	11,1	0,7	15,8	3,0	5,1	0,2
29	11,1	0,3	6,0	2,25	3,0	0,1

En résumé, les cinq kétones étudiées sont toutes très absorbantes; elles présentent toutes un minimum de transparence sur la raie 17. Pour trois d'entre elles, on

observe un maximum sur 26; pour les deux kétones qui ne présentent pas ce maximum, l'absorption est très forte à l'extrémité du spectre et l'on peut soupçonner que cela tient à une impureté; nous avons vu en effet qu'avec l'acétone une rectification au bisulfite de soude augmente très notablement la transparence pour les raies extrêmes.

L'analogie des propriétés d'absorption de ces substances appartenant à une même série homologue semble donc bien constatée; elle est remarquable en particulier entre la méthyléthyl— et la méthylhéxylkétone qui sont très éloignées l'une de l'autre dans la série.

L'analogie s'étend aussi à l'aldéhyde dont la courbe est peu différente de celle des kétones. Il n'y a rien là qui puisse beaucoup surprendre, car la constitution des kétones rappelle le type des aldéhydes. Si l'on part de la

formaldéhyde .... $H—\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}—H$

on passe, en remplaçant un H par un

CH^3, à l'acétaldéhyde............. $CH^3—\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}—H$

Si l'on remplace le second H par CH^3

on arrive à l'acétone............. $CH^3—\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}—CH^3$

etc.

On remarquera que ces corps très absorbants pour l'ultra-violet, contiennent tous le groupe carbonyle CO qui sert de trait d'union entre les groupes hydrocarbonés extrêmes. Si l'on remplace ce groupe CO par O, on obtient des corps d'une grande transparence; tels que

$H—O—H$ Eau.

$C^2H^5—O—H$ Alcool éthylique.

$C^2H^5—O—C^2H^5$ Éther éthylique. (Voy. plus bas.)

Il est donc très probable que c'est au groupe CO qu'est due l'absorption énergique de l'aldéhyde et des kétones.

On sait que pour la partie visible du spectre, il se produit des faits du même genre. Dans plusieurs séries de corps comprenant des matières colorantes on reconnaît que ce sont les composés contenant de ces groupes *chromophores* qui présentent des propriétés d'absorption ou, ce qui revient au même, de coloration [1].

Acétal $\left(CH^3{-}CH\begin{matrix} \diagup O{-}C^2H^5 \\ \diagdown O{-}C^2H^5 \end{matrix}\right)$

L'acétal, provenant de la fabrique Kahlbaum, présente relativement une assez grande transparence; elle ne s'étend pas cependant aux raies extrêmes du spectre qui sont énergiquement absorbées à partir de 27. On n'observe pas de bande d'absorption. Les résultats numériques sont consignés dans le tableau H, et la courbe est donnée dans la Planche V.

On a ici l'exemple d'un composé assez complexe, puisque sa molécule est formée de 20 atomes, et qui est doué d'une transparence considérable, tandis que l'aldéhyde, dont la composition est très simple, C^2H^4O, est très absorbante. On reconnaît ainsi nettement que le mode de groupement des atomes a plus d'importance que leur nombre. On remarquera que le groupe carbonyle, CO, n'entre pas dans l'acétal. Plusieurs chimistes d'ailleurs rapprochent ce corps de l'éther éthylique, qui est très transparent, comme nous allons le voir.

[1] Voyez sur ce sujet le beau travail que M. le prof. Græbe a récemment publié sur le Jaune indien. — *Archives*, déc. 1889, t. XXII, p. 497.

Éthers simples.

Éther éthylique ($C^2H^5—O—C^2H^5$). — L'éther ordinaire est d'une étude difficile à cause de sa grande volatilité qui oblige à opérer avec quelque précaution. Lorsqu'il a été purifié par distillation sur du sodium, il présente une très grande transparence; après l'eau distillée, c'est parmi les corps examinés celui qui intercepte le moins les rayons ultra-violets extrêmes. Il peut être considéré comme appartenant à la série homologue dont le premier terme est l'eau, et dont les alcools font aussi partie, l'éther éthylique dérivant de l'eau par substitution de deux C^2H^5 à deux H, tandis que, dans l'alcool éthylique, un seul H de l'eau est remplacé par un C^2H^5. Nous avons vu plus haut que les alcools présentent aussi une grande transparence qui serait donc un caractère général de cette série homologue.

Cette propriété de l'éther purifié par distillation sur du sodium permettra d'utiliser ce liquide comme dissolvant pour l'étude de la transparence d'autres substances.

L'éther, tel qu'on le rencontre ordinairement dans le commerce, est très inférieur au produit rectifié sur le sodium.

Les résultats que nous avons obtenus, et qui sont consignés dans le tableau H et dans la planche V, portent sur les produits suivants :

1. Éther éthylique pur, distillé sur le sodium, provenant de la fabrique Kahlbaum. On remarquera un maximum peu prononcé sur la raie 26; nous sommes disposés à l'attribuer à quelque trace d'impuretés (acétone?). Cette inflexion contribue à rendre les mesures difficiles.

Un second examen de ce produit effectué trois mois plus tard

a donné des résultats identiques dans la limite des erreurs d'observation. On n'a donc pas à craindre une altération rapide de cet éther.

2. Éther du commerce (pharmacie); la transparence est très inférieure à celle du produit précédent. Il y a également une inflexion entre 25 et 26.

3. Autre échantillon d'éther du commerce. en solution alcoolique dans la proportion de 1 volume d'éther pour 24 volumes d'alcool (alcool rectifié du commerce, n° 2 du tableau B). L'inflexion sur 25 et 26 est moins sensible.

Tableau H.

RAIES	Acétal.	Éther éthylique.		
		N° 1 distillé sur Na.	N° 2 ordinaire.	N° 3 solution alcoolique.
Zn (double)	—	—	à 61 très brillante.	—
Mg ($\lambda = 309$)	—	—	Id. très pâle.	—
Mg ($\lambda = 298$)	mm	—	Dépasse 61	—
17	Dépasse 90	—	42,8	—
18	45,35	mm	31,0	—
20	29,75	Affaiblie à 100	21,9	mm
22	16,45	100,0	6,45	80,0
24	12,73	88,6	3,45	43,0
25	7,8	65,6	1,85	28,1
26	4,3	66,0	1,87	20,4
27	1,1	59,9	0,9	12,3
28	0,9	43,1	0,35	7,0
29	0,25	22,47	0,02	3,3
30	—	2,35	—	—
31	—	1,3	—	—

Iodures. — Nous avons étudié une série de iodures des radicaux alcooliques, provenant de la fabrique Kahlbaum. Ces produits s'altèrent et jaunissent sous l'action du temps et de la lumière, altération qui entraîne une modification de transparence : l'absorption devient très appréciable pour les rayons violets et pour le commencement du spectre ultra-violet; elle est moins sensible sur les

raies plus réfrangibles que 10. Il convient donc, avant de prendre les mesures, de redistiller les liquides avec un peu de mercure, ce qui les rend tout à fait incolores.

Les résultats numériques consignés dans le tableau K se rapportent aux produits suivants (la planche VII donne la courbe de l'iodure d'éthyle; pour les autres iodures, on n'a pas tracé de courbe, mais seulement marqué les points correspondant aux observations) :

1. Iodure d'éthyle; liquide un peu jaune.
2. Même produit immédiatement après distillation sur du mercure, tout à fait incolore. Point d'éb. 68° à 71° sous 735^{mm}.
3. Iodure de propyle, incolore; P. d'éb., 100° à 101° sous 725^{mm}.
4. Iodure d'isobutyle, incolore; P. d'éb., 118° sous 734^{mm}.
5. Iodure d'amyle, un peu jaune; P. d'éb., 144° sous 735^{mm}.
6. Même produit distillé sur du mercure; P. d'éb., 145° sous 734^{mm}.
7. Même produit distillé à nouveau; P. d'éb., 143°,5 à 144° sous 725^{mm}.

Tous ces éthers sont très opaques pour les rayons ultra-violets à partir de la raie 10. Ils présentent entre eux une grande similitude dont on peut juger par le rapprochement des points d'observation avec la courbe de l'iodure d'éthyle; il ne nous est pas possible de dire s'il y a des différences réelles ou si les petites variations observées proviennent de traces d'impuretés[1].

(Voir tableau K, ci-derrière.)

[1] On remarquera les différences d'épaisseur d'extinction correspondant aux 2 raies du zinc $\lambda = 334$ et $\lambda = 330$ qui sont cependant très rapprochées.

TABLEAU K. — **Éthers simples. Iodures absolus.**

RAIES	Iodure d'éthyle (jaune).	Iodure d'éthyle (incolore).	Iodure de propyle.	Iodure d'isobutyle.	Iodure d'amyle (jaune).	Iodure d'amyle (incolore).	Iodure d'amyle (incolore).
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Mg ($\lambda = 383$)	70,37	Dépasse 76			22,0	Dépasse 60	
9	30,43	58,65	Dépasse 70	Dépasse 80	3,9	—	Dépasse 60
10	7,25	8,6	11,35	17,0	1,15	14,3	12,6
11	1,6	1,62	2,55	3,95	0,3	3,47	3,6
Zn ($\lambda = 334$)	2,0	1,75	3,67	4,03	0,56	3,6	4,05
Zn ($\lambda = 330$)	—	0,80	2,0	2,0	—	1,8	1,65
12	0,27	0,25	0,55	0,88	Insensible.	0,87	0,8
Mg ($\lambda = 309$)	0,03	0,05	0,1	0,15	—	0,15	0,15
Mg ($\lambda = 293$)	—	—	Insensible.	0,05	—	—	Insensible.

Nous avons ensuite repris ces produits et nous les avons étudiés en dissolution assez étendue dans l'alcool, en prenant toujours une quantité d'éther proportionnelle

à son poids moléculaire; ainsi 250^{gr} de liquide contenant 1^{gr},56 d'iodure d'éthyle (soit 6,24 dans 1 litre), ou 1^{gr},70 d'iodure de propyle, etc. Les chiffres obtenus sont portés dans le tableau K'; la Planche VIII donne aussi une partie des courbes.

Pour toutes ces solutions, on observe encore une grande similitude dans les résultats; l'absorption devient

Tableau K'. — **Éthers simples. Iodures en solution alcoolique.**

RAIES	Iodure d'éthyle 6^{gr},24 dans 1 litre.	Iodure de propyle 6^{gr},8 dans 1 litre.	Iodure d'isobutyle 7^{gr},36 dans 1 litre.	Iodure d'amyle 7^{gr},92 dans 1 litre.
	mm	mm	mm	mm
Mg ($\lambda=309$)	Dépasse 98	98,4	86,0	43,6
Mg ($\lambda=293$)	33,2	25,5	27,0	11,6
Mg ($\lambda=279$)	9,3	6,5	6,5	3,12
17	3,77	3,7	4,25	1,5
18	1,35	1,15	0,92	0,22
20	1,05	1,05	0,8	0,1
22	6,52	4,95	4,02	2,1
24	9,45	8,95	6,7	3,8
25	11,25	10,05	9,92	5,8
26	12,95	13,05	12,85	7,0
27	9,5	9,0	7,4	4,1
28	4,1	4,8	5,0	2,1
29	1,4	1,1	1,0	0,35

énergique à partir de la raie 17, on trouve un minimum de transparence sur la raie 18[1], puis la transparence reprend sensiblement et atteint un maximum sur 26. L'iodure d'amyle est un peu plus absorbant que les autres, ce qui provient probablement d'une impureté[2].

[1] L'épaisseur d'extinction est plus faible pour 20 que pour 18; mais il ne faut pas oublier que la raie 20 est moins intense. En employant le spectre du fer, on reconnaît que le centre de la bande d'absorption tombe bien sur 18.

[2] Les courbes présentent au premier abord une certaine analo-

Une pareille uniformité de transparence dans cette série de substances homologues est certainement très remarquable.

Plusieurs chimistes considèrent la constitution des éthers simples comme semblable à celle des sels haloïdes métalliques, la différence ne résidant suivant eux que dans la substitution d'un radical alcoolique à un atome de métal. Il était donc intéressant de rechercher si, entre ces deux classes de corps, il y a analogie en ce qui concerne les propriétés d'absorption[1].

On sait que les sels de potassium sont transparents pour les rayons ultra-violets quand l'élément électro-négatif ne les intercepte pas lui-même ; tel est le cas pour le chlorure ou le sulfate de potassium. D'autre part, d'après ce que nous avons vu plus haut, les radicaux méthyle, éthyle, etc., sont également transparents pour les rayons ultra-violets. Il semble donc que s'il y a similitude de constitution entre les iodures métalliques et les éthers simples, l'iodure de potassium devrait se comporter de la même manière que les iodures d'éthyle, de propyle, etc., puisque l'absorption ne dépend que de l'élément électro-négatif, l'iode. Ce n'est pas là le résultat que donne l'expérience.

gie avec celles des kétones qui accusent également un maximum sur 26 ; on pourrait donc être tenté de supposer que c'est à la présence d'une certaine quantité de kétones que les iodures doivent leur opacité. Cette hypothèse tombe devant le fait que les iodures sont beaucoup plus absorbants que les kétones, comme le montre la comparaison des tableaux de ces produits.

[1] M. Miller avait signalé chez les iodures alcalins une bande d'absorption comprise entre les raies 9 et 12 (*Philosophical Transactions*, 1862). Nos observations n'ont pas confirmé ce résultat au moins pour les solutions qui ne se sont pas colorées en jaune.

Le spectre de l'iodure de potassium en dissolution aqueuse ne présente que des analogies très éloignées avec les spectres, presque identiques entre eux, des éthers iodhydriques. La forme générale de la courbe a peut-être quelque rapport, mais la transparence de l'iodure de potassium est plus grande pour les rayons les moins réfrangibles et plus faible pour les rayons les plus réfrangibles ; le minimum et le maximum ne sont pas dans les mêmes positions.

On pouvait se demander si ces différences ne proviennent pas de ce que l'iodure d'éthyle était en dissolution alcoolique et l'iodure de potassium en dissolution aqueuse. Nous avons donc examiné aussi l'iodure de potassium en solution dans l'alcool; l'on verra que la courbe obtenue dans ce cas ne se rapproche pas davantage de celle de l'iodure d'éthyle.

Nos observations ont porté sur les produits suivants ; les résultats numériques sont consignés dans le tableau L et partiellement dans la planche VIII.

1. Solution concentrée de iodure de potassium (collection du laboratoire Rilliet) ; dans la proportion de 800^{gr} environ dans un litre du liquide qui est légèrement jaunâtre. L'absorption est considérable à partir de 17. On observe un affaiblissement de la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet, mais pas de bande d'absorption.

2. Solution de iodure de potassium (Kahlbaum), dans la proportion de 332^{gr} dans un litre de dissolution. La transparence de ce produit, très grande jusqu'aux raies 15 et 16, diminue rapidement au delà et devient insensible à partir de la raie 18.

3. Même iodure en solution 50 fois plus étendue, soit dans la proportion de 6^{gr},64 dans un litre (proportion équivalente à 6^{gr},24 de iodure d'éthyle, etc.). La transparence, très grande pour la raie 17, s'abaisse rapidement et devient insensible de 22 à 25 ; elle reprend ensuite légèrement et présente un maximum peu prononcé sur 28. Les différences avec l'iodure d'éthyle sont très mar-

quées : la transparence s'étend plus loin avec l'iodure de potassium qui affaiblit à peine la raie 17 pour laquelle l'épaisseur d'extinction de l'iodure d'éthyle n'atteint pas 4^{mm} ; le centre de la bande d'absorption est entre 24 et 25 avec l'iodure de potassium, tandis qu'il tombe sur 18 avec l'iodure d'éthyle ; la reprise de transparence est plus faible avec l'iodure de potassium, le maximum est sur 28 au lieu de 26.

4. Solution dans la même proportion d'un autre échantillon de iodure de potassium (provenant d'une pharmacie). Les résultats sont presque les mêmes qu'avec le n° 2.

5. Même iodure en solution alcoolique dans les mêmes proportions. Le liquide a passablement jauni lors du mélange et les propriétés d'absorption se sont modifiées. Les rayons violets sont affaiblis et les ultra-violets les moins réfrangibles, jusqu'à 17, sont en grande partie interceptés ; on remarque une bande d'absorption sur 15 et 16 ; c'est là évidemment l'effet de la décomposition partielle du produit, accusée par la coloration. Pour les raies 18 et 20 la transparence est au contraire plus grande que dans la solution aqueuse. Les raies 22 et suivantes sont complètement interceptées, ce qui, très probablement, doit être attribué en grande partie à l'absorption propre de l'alcool qui sert de dissolvant.

6. Avec le temps, le même produit a complètement perdu sa coloration jaune. Il a été conservé pendant plus de six mois dans un flacon bouché à l'émeri, et soumis à un nouvel examen. L'absorption de la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet a complètement disparu en même temps que la coloration et, pour la même cause sans doute, la transparence a augmenté sur 18. L'opacité est toujours à peu près complète à partir de 22. Si l'on considère ces résultats comme ceux qui se rapportent à la dissolution alcoolique de l'iodure de potassium, en d'autres termes, si l'on admet que la décomposition partielle de l'iodure qui s'est manifestée au début n'a, en définitive, pas introduit d'impuretés en proportion sensible, on arrive à conclure que l'absorption de l'iodure d'éthyle diffère plus de celle de l'iodure de potassium quand celui-ci est en dissolution alcoolique que lorsqu'il est en dissolution aqueuse.

7. Même iodure de potassium en solution aqueuse plus étendue ($0^{gr},664$ dans un litre). Ce produit a donné des résultats concordants avec ceux des solutions n°s 2 et 3. La bande d'absorption sur 24 ou 25 subsiste ; le maximum de transparence suivant, toujours peu prononcé, tombe sur 27.

8. Iodate de potassium (Kahlbaum) en solution aqueuse dans la

TABLEAU L. — **Iodure et Iodate de potassium.**

RAIES	IODURE DE POTASSIUM — Solution aqueuse contenant dans 1 litre					IODURE DE POTASSIUM — Solution alcoolique contenant dans 1 litre		IODATE DE POTASSIUM
	800 gr.	332 gr.	6gr,64.	6gr,64.	0gr,664.	6gr,64 (jaune).	6gr,64 (incolore).	Solution aqueuse à 8gr,56 dans 1 litre.
Mg ($\lambda = 383$)	—	—	—	—	—	14,8 mm	—	—
9	—	—	—	—	—	8,0	—	—
10	—	—	—	—	—	9,7	—	—
Zn (double)	—	—	—	—	—	18,3	—	—
12	—	—	—	—	—	15,4	—	—
Mg ($\lambda = 309$)			—	—	—	7,1	—	—
Mg ($\lambda = 293$)	89,4 mm	Dépasse 100 mm	—	—	—	3,5	—	
Mg ($\lambda = 279$)	13,0	45,3				9,0		Dépasse 84 mm
17	2,3	11,55	Dépasse 100 mm	Dépasse 100 mm	Dépasse 100 mm	10,22	Dépasse 100 mm	50,4
18	Insensible	0,1	6,2	7,4	62,7	37,1	44,75	4,47
20	—	Insensible.	0,72	0,97	9,4	5,1	5,0	1,75
22	—	—	Insensible.	Insensible.	1,05	Insensible.	0,05	0,77
24	—	—	Id.	Id.	0,62	—	Insensible.	0,6
25	—	—	Id.	Id.	0,7	—	—	0,4
26	—	—	0,02	0,1	1,0	—	—	0,3
27	—	—	0,05	0,03	1,75	—	—	0,2
28	—	—	0,15	0,04	1,2	—	—	0,1
29	—	—	Insensible.	0,01	0,55	—	—	0,05

proportion de $8^{gr},56$ dans un litre. Ce sel intervenant souvent comme impureté dans l'iodure de potassium, il y avait intérêt à l'examiner. On reconnaît qu'il n'intercepte pas les rayons jusqu'à 17; la transparence diminue ensuite rapidement jusqu'à 20, puis continue à s'abaisser lentement jusqu'à l'extrémité du spectre. D'après cela, il est peu probable que de petites quantités de iodate mélangé au iodure puissent influer sensiblement sur le spectre d'absorption de ce dernier.

Bromures. — Nous avons examiné le bromure d'éthyle (provenant de la fabrique Kahlbaum). Jusqu'à la raie 12, la transparence est très grande; il se manifeste ensuite une bande d'absorption peu prononcée sur la raie du magnésium ($\lambda=309$) voisine de la raie solaire S. Sans oser l'affirmer, il nous paraît probable que cette bande est due à quelque impureté du produit. — Au delà, la forme de la courbe accuse un accroissement d'absorption très rapide entre 17 et 18. Ce caractère d'une interruption très brusque de la transparence appartient aussi aux iodures, comme nous l'avons vu; mais la limite n'est pas la même, car avec l'iodure d'éthyle absolu, le passage de la transparence à l'opacité s'effectue vers la raie 10; avec le bromure, c'est vers la raie 17. Même en supposant que la bande d'absorption mentionnée plus haut ne soit pas due à une substance étrangère, il resterait une différence marquée entre l'iodure et le bromure d'éthyle, ce dernier étant, en tout cas, le plus transparent.

La différence persiste entre les deux éthers en solution alcoolique; le bromure d'éthyle, dans la proportion de $4^{gr},36$ dans un litre, est notablement moins absorbant que l'iodure en proportion équivalente (soit $6^{gr},64$); pour le bromure, la grande transparence va jusqu'à la raie 20; avec l'iodure, elle ne dépasse guère la raie du ma-

gnésium ($\lambda=309$). — Le spectre est moins brusquement coupé avec le bromure qu'avec l'iodure, la courbe présente un autre caractère, ce qui pourrait bien provenir de quelque impureté.

Dans la partie la plus réfrangible du spectre, nous n'avons pas trouvé, avec le bromure d'éthyle, de maximum et de minimum d'opacité comme ceux que présentent les éthers iodhydriques. Il est possible que ce minimum existe virtuellement, mais qu'il s'approche trop de l'extrémité du spectre pour être apparent. — L'épaisseur d'extinction est encore sensible pour la raie 30 de l'aluminium (l'alcool pris comme dissolvant étant le n° 6 du tableau B, c'est-à-dire le plus transparent de tous).

Le bromure de potassium (provenant d'une pharmacie) a été étudié en solution aqueuse à deux degrés de concentration différents. Dans la proportion de 238^{gr} dans un litre, on trouve que la transparence tombe brusquement vers la raie 22, tandis que, comme nous l'avons vu, pour l'iodure de potassium en proportion équivalente (332^{gr}, voir tableau L) cette inflexion si marquée se produit déjà vers la raie 17.

La dissolution à 4^{gr},76 de bromure de potassium dans un litre est aussi notablement plus transparente que la solution équivalente de bromure d'éthyle (4^{gr},36) jusqu'à la raie 24 ; au delà elle est plus absorbante.

En gros, on peut dire que le bromure de potassium, comparé au bromure d'éthyle, se comporte comme l'iodure de potassium vis-à-vis de l'iodure d'éthyle.

Ces résultats sont consignés dans le tableau M et, en partie, dans la planche VIII.

Tableau M. — **Éthers simples. Bromures.**

RAIES	Bromure d'éthyle absolu.	Bromure d'éthyle. Solution alcoolique à 4gr.36 dans 1 litre.	Bromure de potassium. Solution aqueuse de 238 gr. dans 1 litre.	Bromure de potassium. Solution aqueuse à 4gr,76 dans 1 litre.
Zn (double)	mm Dépasse 100	—	—	—
12	54,3	—	—	—
Mg (λ = 309)	37,57	—	—	—
Mg (λ = 293)	41,72	—	—	—
Mg (λ = 279)	37,05	—	—	—
17	21,65	—	—	—
18	1,37	mm	mm	—
20	0,34	100,3	Dépasse 100	—
20 et 22	—	—	—	mm
22	0,17	17,25	12,05	Dépasse 100
24	—	9,95	0,47	49,5
25	—	4,92	0,15	3,55
26	—	4,3	0,06	0,92
27	—	3,0	Insensible.	0,2
28	—	2,7	—	0,1
29	—	2,25	—	Insensible.
30	—	1,32	—	—
31	—	Insensible.	—	—

Chlorures. — Nous avons examiné le chlorure d'éthyle (Kahlbaum) ; son étude est difficile à cause de sa grande volatilité. Le point d'ébullition étant à 12°, il faut opérer rapidement et dans une salle à basse température. On doit prendre quelques précautions pour que les vapeurs, qui sortent du vase et tombent en vertu de leur grande densité, ne prennent pas feu au contact des étincelles d'induction ou du bec à gaz employé pour la lecture de l'échelle.

Nous avons du doute sur la pureté de l'échantillon de chlorure d'éthyle que nous avons employé : son point d'ébullition n'était point constant, et après l'évaporation, les vases où il avait été placé conservaient une odeur par-

ticulière. D'autre part, la courbe d'absorption à laquelle ce produit donne lieu est fort irrégulière (voir planche VIII), ce qui est habituellement un indice d'impureté. Les chiffres donnés dans le tableau N montrent toutefois que la transparence du chlorure d'éthyle est plus grande que celle du bromure pour les raies extrêmes du spectre à partir de 18. Entre 17 et 18, on remarque une forte inflexion de la courbe provenant probablement d'impuretés.

Outre le chlorure d'éthyle, nous avons examiné des échantillons de chlorures de propyle et d'isobutyle, faisant partie des produits que nous avons reçus de MM. I. Pierre et Puchot; malheureusement la quantité en était très petite.

Avec le chlorure de propyle (point d'ébullition à 46°,5), la plus grande épaisseur sur laquelle nous avons pu opérer était de 21^{mm}. La raie 24 est éteinte à $18^{mm},5$, tandis que l'épaisseur d'extinction pour cette raie est insensible avec l'iodure de propyle et l'iodure et le bromure d'éthyle. Pour les raies 22 à 26, la transparence est plus grande que celle du chlorure d'éthyle.

Avec le chlorure de butyle (point d'ébullition 70°,5 à 73°), dont nous avions très peu, le maximum d'épaisseur que nous pouvions atteindre était de $9^{mm},1$; la raie 24 était alors très affaiblie. Pour les raies suivantes, le chlorure de butyle a paru moins transparent que le chlorure de propyle; mais on ne peut formuler de conclusion certaine d'après des mesures ne portant que sur les rayons les plus réfrangibles.

Les résultats obtenus sur ces divers chlorures sont contenus dans le tableau N et la plupart des courbes sont tracées sur la Planche VIII.

Tableau N. — **Éthers simples. Chlorures absolus.**

RAIES	Chlorure d'éthyle absolu.	Chlorure de propyle absolu.	Chlorure d'isobutyle absolu.
12	mm Dépasse 77	—	—
17	29,0	—	—
18	29,0	—	—
20	26,6		
22	13,63	mm Dépasse 21	mm affaiblies à 9,1
24	5,1	18,5	très affaib. à 9,1
25	3,05	7,27	4,02
26	2,1	3,6	1,7
27	1,2	1,15	0,75
28	0,85	0,3 (?)	0,3
29	0,3	—	0,1
30	—	—	—
31	—	—	—

Dans les solutions alcooliques de ces trois chlorures, la transparence est loin d'être proportionnelle au degré de dilution. La courbe diffère par son apparence générale des courbes des autres substances de cette catégorie, la chute de transparence est moins brusque. Les chlorures de propyle et d'isobutyle, dans la proportion équivalente de $3^{gr},14$ et $3^{gr},7$ par litre, donnent à peu près les mêmes résultats l'un que l'autre. Le chlorure d'éthyle à $2^{gr},58$ par litre est notablement plus transparent pour les rayons très réfrangibles.

Les résultats sont donnés dans le tableau N'.

TABLEAU N'. — **Éthers simples. Chlorures en solution.**

RAIES	Chlorure d'éthyle. Solution alcoolique à		Chloruro de propyle. Solution alcoolique à		Chlorure d'isobutyle Solution alcoolique à		Chlorure de potassium. Solution aqueuse de 250 gr. dans 1 litre.	Chlorure de potassium. Solution aqueuse à $2^{gr},976$.
	258 gr. dans 1 litre.	$2^{gr},58$ dans 1 litre.	157 gr. dans 1 litre.	$3^{gr},14$.	$90^{gr},93$ dans 1 litre.	$3^{gr},7$.		
12	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—	—
18		—		—	—	—	—	—
20	Dépasse 90 mm		Dépasse 100 mm		—		—	—
22	69,6	Dépasse 90 mm	79,4	97,0 mm	—	85,0 mm		—
24	41,65	75,45	—	62,35		61,8	à 106 mm presque éteint	—
25	25,15	53,4	20,6	38,7	22,55 mm	41,7	40,7	—
26	18,45	56,1	13,0	41,5	12,35	32,65	15,3	—
27	7,4	45,6	4,8	24,2	6,0	25,4	4,7	
28	4,35	33,9	2,7	16,1	2,6	18,9	2,1	116,3 mm
29	1,82	13,5	0,7	8,9	0,82	9,7	0,7	57,6
30	—	—	—	—	Insensible.	—	—	7,5
31	—	—	—	—	—	—	—	1,1

Enfin, comme terme de comparaison, nous y avons joint le chlorure de potassium en solution dans l'eau à divers degrés de concentration.

La solution à $2^{gr},976$, équivalente à celle de iodure

de potassium à $6^{gr},64$ par litre, est beaucoup plus transparente que celle des chlorures d'éthyle, de propyle et de butyle en proportions équivalentes, savoir à $2^{gr},58$, $3^{gr},14$ et $3^{gr},7$ par litre.

Nous croyons pouvoir résumer cette étude des éthers simples de la manière suivante :

1. Les divers éthers simples contenant le même élément électro-négatif (iode, brome, chlore) ne paraissent pas différer sensiblement dans leurs propriétés d'absorption; en d'autres termes, la substitution d'un radical alcoolique à un autre radical alcoolique agit peu sur la transparence.

2. Les sels haloïdes de potassium (iodure, bromure, chlorure) sont notablement moins absorbants que les éthers correspondants; la substitution d'un métal alcalin à un radical alcoolique augmente donc la transparence.

3. Les divers éthers contenant un élément électro-négatif différent ne présentent point la même transparence; les iodures sont très absorbants, les bromures le sont moins, les chlorures sont assez transparents.

4. Les spectres d'absorption ultra-violets de ces divers produits présentent en général le caractère commun d'être brusquement interrompus ou très affaiblis. C'est ce dont on peut juger par un coup d'œil sur les courbes des planches VII et VIII : la plupart commencent par une ligne presque verticale qui s'infléchit rapidement en se rapprochant beaucoup de l'abscisse. Celles qui font exception correspondent probablement à des produits impurs. D'ailleurs ce caractère appartient à un grand nombre d'autres corps.

ACIDES GRAS.

L'étude que nous avons faite sur les acides de la série grasse ne nous satisfait guère; il nous a paru que les produits sur lesquels nous avons opéré étaient loin de présenter une pureté parfaite, malgré les soins apportés à leur préparation.

Comme exemple des divergences qui peuvent se manifester avec un même corps suivant sa provenance, et de la difficulté de la purification, nous donnons dans le tableau O ci-derrière les chiffres que nous avons obtenus avec l'acide acétique.

Un premier échantillon, pris dans la collection de l'École de chimie de Genève et étiqueté comme pur, est d'abord examiné tel quel. On trouve qu'il est très absorbant au delà de la raie 12 et on remarque un minimum de transparence sur 17, qui peut faire soupçonner une impureté du produit. On cherche à le purifier par deux cristallisations successives et on l'examine de nouveau. Sa transparence s'est un peu améliorée, mais l'absorption est toujours très considérable pour les raies 14 et suivantes. Les mesures sont d'ailleurs peu régulières, comme si au contact de l'air humide il se produisait une action particulière; on voit dans le tableau que les chiffres de deux séries successives (première et deuxième mesures) ne s'accordent pas très bien; la transparence a augmenté pour la raie 18 plus que pour la raie 17, en sorte que le minimum de transmission de cette dernière raie est plus accusé. Une troisième mesure faite deux mois plus tard sur cet échantillon montre que ce minimum a persisté.

Tableau O. — Acide acétique.

RAIES	ACIDE ACÉTIQUE CRISTALLISABLE — Premier échantillon — avant la purification.	ACIDE ACÉTIQUE CRISTALLISABLE — Premier échantillon — après purification par deux cristallisations. 1re mesure.	2me mesure.	3me mesure.	ACIDE ACÉTIQUE CRISTALLISABLE — Deuxième échantillon. *Kahlb.*	ACIDE ACÉTIQUE ÉTENDU D'EAU *Kahlb.* — 80 % d'acide. 20 % d'eau.	50 % d'acide. 50 % d'eau.
11	Dépasse 82 mm		—		—	—	—
12	61,9	Dépasse 70 mm		Dépasse 62 mm	—	—	—
14	3,15	4,5	7,5 mm	5,7		—	—
17	1,83	2,77	2,71	2,5	Dépasse 100 mm		
18	2,1	2,65	4,17	3,4	58,2	à 77 mm presque éteint.	Dépasse 88 mm
20	1,4	1,44	2,2	1,8	6,9	12,8	24,45
22	0,2	0,32	0,4	—	0,5	0,37	1,0
24	0,1	0,22	0,25	—	0,1	0,2	0,35
25	Insensible.	—	—	—	—	Insensible.	0,17
26	—	—	—	—	—	—	0,1

Dans toutes ces observations, l'épaisseur d'extinction de la raie 17 n'atteint pas 3^{mm}.

On a ensuite opéré sur un second échantillon d'acide

acétique, provenant de la fabrique Kahlbaum et préparé sans doute en grand; l'épaisseur d'extinction pour 17 dépasse 100^{mm} (voir la courbe planche V). Il y a, comme on le voit, une entière divergence entre les deux produits.

Nous consignons aussi dans le tableau O les mesures faites avec l'acide acétique (deuxième échantillon) étendu d'eau dans les proportions de 20 et de 50 °/₀ d'eau (en poids).

La transparence augmente plus rapidement que le degré de dilution, fait qui se rattache peut-être aux variations moléculaires qui accompagnent le mélange d'eau avec l'acide concentré, et au maximum de densité que l'on observe lorsque la dissolution contient 22 °/₀ d'eau.

On voit par ce qui précède que, comme pour les alcools, la purification des acides gras présente de grandes difficultés. C'est donc *sous toute réserve quant à leur exactitude* que nous donnons, dans le tableau P qui suivra, les chiffres obtenus sur cette série de corps. Les échantillons sortaient pour la plupart de la fabrique Kahlbaum. L'acide propionique faisait partie des produits reçus de MM. I. Pierre et Puchot; la quantité en était petite; le liquide a un peu jauni pendant les mesures.

En comparant nos résultats à ceux de MM. Hartley et Huntington d'après leurs diagrammes indiquant la limite des spectres pour une épaisseur de 19^{mm}, on trouve que les acides formique et acétique sur lesquels nous avons opéré (Kahlbaum), ont une transparence plus grande que les échantillons de MM. Hartley et Huntington, qui donnent comme limite du spectre les raies

14 pour l'acide formique et 17 pour l'acide acétique; pour les acides propionique et butyrique il n'y a pas de différence sensible; mais pour l'acide isobutyrique la différence est en faveur de l'échantillon de MM. Hartley et Huntington, lequel transmet jusqu'à la raie 17. — Nous rappelons ici que lorsqu'on examine plusieurs échantillons d'un même corps dans lesquels on peut soupçonner des traces d'une substance étrangère plus absorbante que le produit principal, les chiffres les plus élevés obtenus pour l'épaisseur d'extinction d'une raie donnée, sont les seuls qui aient quelque valeur : on n'est pas sûr qu'ils ne soient pas encore trop faibles, mais on peut être certain qu'ils sont plus près d'être exacts que les chiffres moins élevés. Par suite nos résultats pour les acides formique et acétique (Kahlbaum) doivent être meilleurs que ceux de MM. Hartley et Huntington; mais c'est l'inverse pour l'acide isobutyrique.

Dans l'ensemble, il est difficile de donner des conclusions certaines d'après les résultats consignés dans le tableau; leur manque de régularité indique, nous n'en doutons pas, la présence d'impuretés. Le seul caractère commun, c'est que tous ces acides interceptent complètement la partie la plus réfrangible du spectre à partir de 25; tous présentent une chute rapide de transparence entre 17 et 20, à l'exception de l'acide isobutyrique qui présente un minimum sur 17 et chez lequel la décroissance commence plus tôt et n'est pas si brusque. Maintenant ces acides à l'état de pureté présenteraient-ils des différences entre eux, et trouverait-on une relation entre leur formule chimique et leur transparence? c'est ce que nous ne saurions décider.

On remarquera que ces corps, qui sont très absorbants

pour les rayons plus réfrangibles que 18, contiennent aussi le groupe CO comme trait d'union entre deux autres groupes, dont l'un est un radical alcoolique, l'autre l'hydroxyle; ceci dit sous toute réserve relativement au rôle que ce carbonyle joue dans la constitution des acides.

Sels de sodium. — Une série des combinaisons des acides gras avec le sodium nous a également donné des résultats incertains. Ces sels provenaient de la fabrique Kahlbaum, à l'exception de l'acétate qui a été pris dans la collection de l'École de chimie. On les a dissous dans l'eau en proportion telle que, pour chacun d'eux, la solution contînt 23 grammes de sodium dans un litre. Les chiffres obtenus sont également consignés dans le tableau P, à la suite des acides.

Ces produits (sauf le butyrate de sodium) présentent ce caractère commun que, pour tous, l'absorption est à peu près la même à l'extrémité la plus réfrangible du spectre, soit pour les raies 28 et 29.

Ici encore, il est difficile de dire s'il y a une relation entre la transparence et la formule chimique. MM. Hartley et Huntington ont admis pour ces sels, que l'absorption augmente à mesure que leur composition devient plus complexe par l'addition d'un plus grand nombre de CH^2. Nous ne pouvons ni contester ni confirmer cette conclusion qui, si elle est exacte, est masquée par la présence d'impuretés dans les produits; en effet l'ordre de transparence que nous avons obtenu est le suivant : acétate, isobutyrate, formiate, propionate, valérate, butyrate. La chute brusque de transparence s'effectue entre 20 et 24 pour le formiate, l'acétate, le propionate, l'isobutyrate; elle se produit entre 12 et 18 pour le valérate et le butyrate, qui sont probablement plus impurs. Les échantillons

d'acétate et d'isobutyrate ont une transparence, non pas identique, mais assez analogue; le formiate et le propionate se rapprochent aussi l'un de l'autre; le valérate et le butyrate sont beaucoup moins transparents.

Tableau P. — **Acides gras et sels de sodium.**

RAIES	A. formique *Kahlb.*	A. acétique *Kahlb.*	A. propionique *P. et P.*	A. butyrique *Kahlb.*	A. isobutyrique *Kahlb.*
12	—	—			mm 74 presque éteint.
14	—	—	mm Dépasse 22	mm 75 presque éteint.	13,85
16			—	21,47	—
17	mm 88,75	mm Dépasse 100	13,1	8,83	7,5
18	16,13	58,2	6,95	0,78	9,6
20	1,75	6,9	2,3	0,1	4,8
22	0,1	0,5	0,22	Insensible.	Insensible.
24	0,02	0,1	0,07	—	—
25	Insensible.	Insensible.	Insensible.	—	—

Sels de sodium en solution aqueuse (23 grammes de sodium dans 1 litre).

RAIES	Formiate *Kahlb.*	Acétate (École de chimie).	Propionate *Kahlb.*	Butyrate *Kahlb.*	Isobutyrate. *Kahlb.*	Valérate *Kahlb.*
12	—	—	—	mm —	—	mm 96,6 presque.
16	—	—	—	85,0	—	—
17		—		52,9	—	47,25
18	mm 92,95		mm Dépasse 90	6,85		16,25
20	65,28	mm Dépasse 100	67,25	3,45	mm 102 (faible)	6,55
22	13,27	16,7	9,4	0,91	10,04	1,56
24	5,01	5,52	3,82	0,42	3,17	0,96
25	1,42	2,0	1,06	0,15	1,15	0,54
26	0,7	1,1	0,72	0,06	0,75	0,27
27	0,27	0,5	0,26	Insensible.	0,35	0,1
28	0,17	0,2	0,12	—	0,16	0,06
29	0,09	0,02	0,03	—	0,06	0,04

Éthers composés.

Éthers des acides gras. — Dans les produits reçus de MM. I. Pierre et Puchot se trouvaient un grand nombre des éthers formés par les acides gras ; ces échantillons, contenus dans des tubes scellés, étaient en quantité trop petite pour qu'on ait pu les examiner sous une grande épaisseur. Quelques éthers de la même série ont été reçus de la fabrique Kahlbaum.

Les résultats obtenus sur ces corps nous paraissent présenter une incertitude pareille à celle que nous avons constatée dans la série précédente : il est très probable que ces spécimens d'éthers contiennent pour la plupart des traces sensibles d'impuretés produites par les opérations mêmes de rectification. Les chiffres sont donnés dans le tableau Q.

MM. Hartley et Huntington ont déterminé aussi pour cette série d'éthers la limite du spectre d'absorption au travers d'une épaisseur de 19^{mm} de liquide. Les produits sur lesquels ils ont opéré provenaient de la fabrique Kahlbaum. Leurs résultats sont en général d'accord avec les nôtres; cependant pour les acétates de méthyle, butyle et d'amyle, pour le butyrate d'éthyle et surtout le butyrate d'amyle, nous avons obtenu une transparence plus grande que MM. Hartley et Huntington. En revanche, la transparence que ces derniers ont observée pour le formiate de méthyle et surtout pour le butyrate de méthyle dépasse notablement le chiffre que nous avons trouvé.

Tous nos échantillons présentent ce caractère commun que l'absorption est presque complète à partir de la raie

Tableau Q. — **Éthers composés.**

RAIES	Formiates de propyle *P.* et *P.*	Formiates de butyle *P.* et *P.*	Acétates de méthyle *Kahlb.*	Acétates de propyle *P.* et *P.*	Acétates de butyle *P.* et *P.*	Acétates d'amyle *Kahlb.*
12	—	—	—	—	—	60,33 mm
14	—	—	—	—	—	19,75
17	Dépasse 22 mm	Dép. 22 mm	86,4 mm			0,97
18	10,10	14,45	64,2	très visible à 15 mm	très visible à 11 mm	1,7
20	0,8	1,72	8,85	4,6	4,55	1,55
22	—	0,15	0,1	—	0,15	0,15
24	—	—	—	—	—	0,03

RAIES	Propionate de butyle *P.* et *P.*	Butyrates de méthyle *P.* et *P.*	Butyrates d'éthyle *P.* et *P.*	Butyrates de propyle *P.* et *P.*	Butyrates de butyle *P.* et *P.*	Butyrates d'amyle *P.* et *P.*
10	—	Dép. 21 mm	—	—	—	—
12	—	10,5	—	—	—	—
14	—	1,6	—	—	25,1 mm	—
17		1,87		Dépasse 30 mm	32,5	
18	Dépasse 14,3 mm	2,75	Dép. 22 mm	25,65	10,05	7,43 mm
20	6,13	1,25	2,75	2,95	0,85	1,75
22	0,25	—	—	—	—	—
24	0,13	—	—	—	—	—
25	0,1	—	—	—	—	—

RAIES	Valérates de méthyle *P.* et *P.*	Valérates d'éthyle *P.* et *P.*	Valérates de propyle *P.* et *P.*	Valérates de butyle *P.* et *P.* n° 1.	Valérates de butyle *P.* et *P.* n° 2.	Valérates d'amyle *P.* et *P.*
11	—	—	—	—	—	33,0 mm
12	—	—	—	—	—	22,3
Mg ($\lambda = 309$)	—	—	—	—	—	10,75
14	—	—	—	—	—	4,0
Mg ($\lambda = 293$)	—	—	—	—	—	5,67
16	—	—	—	—	—	2,3
Mg ($\lambda = 279$)		—	—	—	—	5,67
17	22,0 mm					4,2
18	13,17	Dép. 19,0 mm	15,0 mm	Dépasse 13,7 mm	18,77 mm	3,8
20	2,2	3,28	3,0	2,3	3,54	1,01
22	Insensible.	0,05	Insensible	0,2	0,3	0,12
24	—	Insensible	—	0,1	Insensible.	0,03
25	—	—	—	0,04	—	Ins.
26	—	—	—	0,02	—	—
27	—	—	—	Insensible.	—	—

22, dont l'épaisseur d'extinction ne dépasse $0^{mm},25$ pour aucun d'eux.

Celui de nos produits qui présente la plus grande transparence est l'acétate de méthyle de Kahlbaum ; nous pensons que c'est là l'échantillon qui représente le mieux le type de cette classe de corps au point de vue de l'absorption ; comme on le voit dans le tableau, sa transparence, encore très grande pour 18, décroit rapidement et est presque insensible pour 22. On voit aussi que les autres éthers homologues présentent le même caractère atténué; l'épaisseur d'extinction de la raie 18 est moindre que pour l'acétate de méthyle, mais elle est encore très sensible[1].

Nous ne pouvons préciser davantage les conclusions. D'ailleurs, pour établir une comparaison sérieuse entre ces éthers, il faudrait faire, pour chacun d'eux, le calcul du nombre relatif de molécules que contiennent les couches liquides traversées par la radiation, c'est-à-dire faire intervenir le poids moléculaire et la pesanteur spécifique des corps étudiés ; il faudrait aussi mettre en regard les chiffres exprimant l'absorption produite par une épaisseur équivalente de l'acide entrant dans la composition de l'éther. L'impureté des produits rend cette recherche inabordable pour le moment.

[1] Trois produits cependant présentent un caractère notablement différent ; ce sont l'acétate d'amyle, le butyrate de méthyle et le valérate d'amyle. Ils donnent lieu à un minimum de transparence entre 16 et 17. Mais ces produits sont manifestement impurs. Le minimum sur 14, auquel pourraient faire croire les chiffres du tableau pour le valérate d'amyle et le butyrate de butyle, n'est probablement pas réel ; il faut en effet se rappeler que la raie 14 est très faible, surtout en comparaison de celles du magnésium (voir quatrième mémoire).

Nous avons cependant essayé une comparaison de ce genre : l'acide acétique dilué contenant 20 °/₀ d'eau, en poids (tableau O), contient approximativement, à épaisseur égale, le même nombre de molécules d'acide acétique que l'éther méthylacétique (tableau Q). On voit que la transparence de l'acide est plus grande que celle de l'éther; mais la différence n'est pas si grande qu'elle ne puisse être attribuée à une impureté. Il nous semble, ici encore, qu'il serait prématuré de conclure soit que la transparence de l'éther ne dépend que de celle de l'acide entrant dans sa composition, soit qu'elle diminue avec le nombre de CH^2 combinés avec l'acide pour former l'éther.

Éther allylacétique ($C^2H^3O^2 . C^3H^5$). — L'acétate d'allyle ne rentre pas dans la même série que les éthers précédents.

Nous l'avons étudié sur un échantillon provenant de la fabrique Kahlbaum. Les résultats consignés dans le tableau R qui suivra montrent que ce produit est très absorbant et que son action s'étend à tout l'ultra-violet, en augmentant avec la réfrangibilité; on n'observe pas de bandes d'absorption. Ces propriétés peuvent provenir d'une impureté; mais il est possible également qu'elles soient une conséquence de la constitution de ce corps; il appartient en effet à la série éthylénique dans laquelle les atomes de carbone sont unis par une double liaison (ou non saturés). Il serait prématuré d'insister sur ce point.

Éther méthyloxalique. — Avant de passer à d'autres éthers formés par des acides inorganiques, nous avons quelques mots à dire sur l'oxalate de méthyle qui est solide et cristallin.

L'échantillon le plus pur d'alcool méthylique que nous

ayons eu à notre disposition, et qui était extrait de l'oxalate, présentait, entre 18 et 22, une bande d'absorption qui est d'une observation un peu difficile, à cause de la faiblesse relative de la raie 20 (voir tableau A et Planche I). Nous nous sommes demandé si cette bande appartiendrait à l'oxalate de méthyle dont l'alcool avait été extrait et dont une partie aurait pu être entraînée. Nous avons donc examiné des dissolutions de cet éther dans l'alcool éthylique (en proportions non déterminées). Les résultats de ces observations sont donnés dans le tableau R ci-derrière; ils montrent que cette substance est peu transparente pour les rayons extrêmes; elle présente bien une bande d'absorption entre 18 et 22, mais moins prononcée que celle obtenue avec l'alcool méthylique; on ne peut donc l'attribuer à l'oxalate, et il est très probable qu'elle est due à une impureté commune à l'alcool qui en est extrait.

Éthers azotiques. — Arrivons maintenant aux éthers azotiques, qui présentent un assez grand intérêt[1]. En effet, leurs propriétés d'absorption peuvent jeter quelque jour sur la constitution chimique des éthers et sur la question de savoir s'ils se comportent comme des azotates métalliques.

A l'état absolu, les azotates d'éthyle, d'isobutyle et d'amyle (provenant de la fabrique Kahlbaum) absorbent énergiquement les rayons ultra-violets; l'action est déjà forte pour la raie 12, et l'épaisseur d'extinction est très faible ou insensible pour les raies suivantes. Les résultats

[1] Un résumé de notre étude des éthers azotiques et azoteux a été l'objet d'une publication faite il y a déjà plusieurs années. Voyez *Comptes rendus de l'Académie des Sc. de Paris*, 1879, t. LXXXIX, p. 747.

Tableau R. — **Éthers composés** (suite).

RAIES	Éther allylacétique.	Éther méthyloxalique. Première dissolution	Éther méthyloxalique. Seconde dissolution.
Mg (λ = 383)	Dépasse 73 mm	—	—
9	25,4	—	—
10	12,95	—	—
Zn (double)	11,1	—	—
12	5,85	—	Dépasse 75 mm
Mg (λ = 309)	9,07	—	—
14	—	—	50,5
Mg (λ = 293)	5,6	mm	—
17	2,87	50,5	27,0
18	1,55	33,2	16,4
20	0,97	20,45	9,5
22	0,05	21,95	11,5
24	—	15,95	9,9
25	—	8,2	5,5
26	—	6,7	3,9
27	—	2,7	1,0
28	—	2,0	0,4
29	—	1,05	0,1

RAIES	Azotates (absolus) d'éthyle.	Azotates (absolus) d'isobutyle.	Azotates (absolus) d'amyle.
9	—	—	27,85 mm
10	mm	mm	21,35
11	Dépasse 25	64,0	—
Zn (double)	—	—	—
12	15,6	14,45	9,9
13	2,0	1,9	2,3
Mg (λ = 309)	2,2	2,85	3,4
14	0,7	0,85	0,92
Mg (λ = 293)	0,65	0,92	0,77
16	0,25	0,35	0,3
Mg (λ = 279)	0,32	0,65	0,32
17	0,22	0,37	0,25
18	0,07	0,2	0,07

consignés dans le tableau R ci-dessus montrent que ces trois produits se comportent d'une manière très analogue les uns aux autres; cependant l'azotate d'amyle est moins transparent pour les rayons peu réfrangibles, ce qui est

dû sans doute aux impuretés habituelles des composés d'amyle.

L'absorption de ces éthers est trop grande lorsqu'ils ne sont pas dilués pour qu'il soit possible d'établir une comparaison avec les azotates.

Nous avons donc fait une nouvelle série de mesures sur des solutions alcooliques de ces éthers à des degrés de concentration équivalents, soit au titre de 5 grammes d'azote dans un litre de liquide[1]. Comme terme de comparaison, nous avons examiné simultanément une solution alcoolique d'azotate de calcium au même titre de 5 grammes d'azote dans un litre; l'examen de ce dernier liquide était nécessaire pour décider si les solutions alcooliques des azotates se comportent comme les solutions aqueuses. — A ces résultats, consignés dans le tableau R', nous joignons les chiffres obtenus sur les azotates de potassium et d'ammoniaque, au même titre et en solution dans l'eau[2].

On voit que les caractères déjà connus[3] du spectre d'absorption des azotates métalliques ne se retrouvent pas chez les éthers azotiques; en particulier, ces derniers corps ne présentent pas, entre les raies 11 et 18, la bande d'absorption si nettement reconnaissable avec les solutions aqueuses des azotates ordinaires, y compris celui d'ammoniaque, tandis que ces caractères persistent dans la solution alcoolique d'azotate de calcium (quoique avec quelques modifications, l'absorption étant moins forte pour 12 et 13 et plus forte au delà).

[1] L'alcool employé pour la dissolution était le n° 1 du tableau B.

[2] Les chiffres de l'azotate de potassium paraissent un peu forts et doivent être considérés comme une limite ne pouvant être dépassée.

[3] Voyez deuxième et quatrième mémoires.

TABLEAU R'. — **Éthers composés** (suite).

RAIES	Azotates dilués (à 5 gr. d'azote dans 1 litre) d'éthyle.	d'isobutyle.	d'amyle.	de calcium. (Solution aqueuse)	de potassium. (Solution aqueuse)	d'ammoniaque. (Solution aqueuse)
11				Dépasse 105 mm	Dépasse 100 mm	Dépasse 90 mm
12	Dépasse 90 mm	Dépasse 100 mm	Dépasse 92 mm	60,3	24,5	20,85
13	57,95	59,7	37,6 (?)	15,1	—	7,3
14	17,1	17,85	15,0	7,9	9,2	7,2
17	7,1	7,82	5,72	20,35	31,2	27,6
18	4,9	3,97	3,7	40,05	43,0	39,4
20	3,52	2,6	1,9	7,82	7,0	5,95
22	0,57	0,45	0,32	0,25	0,1	Insensible.
24	0,15	0,15	0,15	0,05	—	—

Comme l'indique la Planche IX, la courbe des éthers est régulièrement décroissante et coupe celle des azotates métalliques de telle sorte que la transparence est plus grande pour les raies moins réfrangibles que 14, plus faible de 17 à 20, et de nouveau plus grande pour les raies extrêmes.

Ces faits semblent indiquer que les éthers ne peuvent

être complètement assimilés à des sels et qu'il y a entre ces deux classes de corps une différence de constitution chimique, conclusion d'ailleurs que plusieurs propriétés d'un autre ordre tendent à faire admettre.

Nous avons reconnu plus haut qu'entre les éthers simples et les sels haloïdes correspondants, il se manifeste également une différence, moins frappante peut-être que celle que nous venons de signaler pour les azotates, mais cependant bien positive.

Éthers azoteux. — La comparaison entre l'absorption des éthers azoteux et des azotites métalliques est peut-être moins probante, d'abord parce qu'il est très difficile d'obtenir les azotites ordinaires à l'état de pureté et, en second lieu, parce qu'il est fort possible que les bandes caractéristiques des éthers azoteux soient dues à une action chimique produite par la lumière.

Les azotites d'éthyle et d'amyle absorbent très énergiquement tous les rayons ultra-violets et même une partie des rayons visibles. Le spectre de ces éthers en solution alcoolique est particulièrement intéressant à étudier à la lumière solaire.

Une dissolution d'éther amylazoteux, à $0^{gr},165$ d'azote dans un litre, sous une épaisseur de $0^{m},01$, donne lieu à un spectre à bandes d'absorption; on en compte six, à peu près équidistantes, entre les raies solaires H et R. La première et la sixième sont très peu marquées et difficiles à distinguer, la deuxième et la cinquième sont plus fortes, la troisième et la quatrième plus fortes encore. La première commence un peu après H et va jusqu'à L; la deuxième recouvre M; la troisième commence un peu avant N et se prolonge jusqu'à mi-distance entre N et O; la quatrième va de O à mi-distance entre O et P; la cin-

quième est entre P et Q, un peu plus rapprochée de cette dernière; la sixième est entre Q et R.

Les vapeurs de l'éther amylazoteux, à la température ordinaire, donnent lieu au même spectre. Pour l'observer, on mouille avec quelques gouttes du liquide les parois d'un tube de verre, de $0^{m},16$ de longueur, fermé par des lames de quartz à ses extrémités, et placé sur le passage des rayons solaires. On voit alors les mêmes bandes d'absorption qu'avec la solution alcoolique, mais plus nettes et plus tranchées. La planche X donne une reproduction phototypique de ce remarquable spectre; l'épreuve est médiocre, mais suffisamment claire cependant. — La partie supérieure donne le spectre solaire direct, la partie inférieure le spectre solaire après interposition de vapeurs d'éther amylazoteux.

On sait, d'après les recherches de M. Tyndall, que les vapeurs de cet éther possèdent à un haut degré la propriété de se décomposer sous l'action de la lumière solaire ou électrique. Cette propriété est sans doute en relation avec les phénomènes d'absorption que nous venons de signaler.

L'*éther éthylazoteux* donne lieu à un spectre très analogue; mais, pour l'observer, il faut employer une solution plus concentrée (environ un tiers d'éther pour deux tiers d'alcool).

Les azotites alcalins, qui sont aussi très absorbants pour cette partie du spectre, ne donnent pas les mêmes bandes d'absorption; mais, comme nous l'avons fait remarquer, il est très difficile d'obtenir ces sels à l'état de pureté.

Étudiée avec l'appareil ordinaire, une dissolution alcoolique d'*éther amylazoteux* dans la proportion de $0^{gr},200$ d'azote dans un litre donne les résultats consignés dans

le tableau S. Pour la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet, celle où se trouvent les bandes reproduites dans la planche X, les chiffres obtenus ne donnent nullement un aperçu suffisant du spectre, les raies observées étant trop éloignées les unes des autres. Au delà, sur la raie du magnésium voisine de S du spectre solaire ($\lambda=309$), la transparence reprend énergiquement, puis elle diminue progressivement pour devenir insensible au delà de 22.

L'*azotite de potassium,* au même titre de $0^{gr},200$ dans un litre, est bien plus transparent, comme on le voit dans le tableau ; ainsi, pour la raie 22, l'épaisseur d'extinction est de $18^{mm},1$. Malgré l'impureté possible du produit, il serait difficile de nier la différence qui existe entre l'absorption de l'azotite d'amyle et celle de l'azotite de potassium.

TABLEAU S. — **Éthers composés** (suite).

RAIES	Azotite d'amyle en solution alcoolique 200^{mg} d'azote dans 1 litre.	Azotite de potassium en solution aqueuse 200^{mg} d'azote dans 1 litre.	Azotite de potassium en solution aqueuse 20^{mg} d'azote dans 1 litre.
	mm		
Mg ($\lambda=383$)	88,4	—	—
9	33,65	—	—
10	34,65	—	—
11	33,60	—	—
12	30,45	—	—
Mg ($\lambda=309$)	96,0 (approx.)	—	—
Mg ($\lambda=293$)	52,63	—	—
Mg ($\lambda=279$)	(29,7)	—	—
18	3,5	mm	—
22	1,4	18,1	mm
24	Insensible.	9,75	90,5
25	—	5,6	49,0
26	—	4,85	40,55
27	—	—	28,95
28	—	—	24,75
29	—	—	21,2

Absorption par les vapeurs de quelques substances.

Nous venons de voir que les vapeurs d'éther amylazoteux, à la température ordinaire et sous une épaisseur de $0^m,16$, donnent lieu à un spectre d'absorption remarquable dans la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet.

En opérant d'une manière analogue à la lumière de l'étincelle d'induction, nous avons observé que les vapeurs de diverses substances organiques exercent une action appréciable sur la partie extrême du spectre. Cette recherche a été faite d'une manière très superficielle, sans qu'aucune précaution ait été prise pour rendre les mesures comparables entre elles. On s'est borné à prendre un tube de verre de $0^m,10$ de longueur, fermé par des lames de quartz, et à en mouiller les parois avec divers liquides, sans tenir compte de leur volatilité ni de la température ambiante. Les résultats ne doivent donc être considérés que comme un premier aperçu pouvant guider dans un travail plus sérieux. C'est à ce titre que nous donnons ci-dessous une liste de quelques vapeurs absorbantes, en indiquant entre quelles limites elles produisent un affaiblissement ou une extinction.

Les vapeurs de quelques *alcools* ont donné une absorption des rayons extrêmes, mais seulement lorsqu'ils étaient eux-mêmes très absorbants, c'est-à-dire très impurs.

Kétones. — La méthyléthylkétone affaiblit beaucoup la raie 17 et les raies voisines; elle n'intercepte pas sensiblement les raies extrêmes. La diéthylkétone se comporte de même, mais l'absorption est plus faible. La méthylpropylkétone en vapeur est très peu absorbante.

Iodure d'éthyle. — Éteint de 17 à 20; affaiblit de 22 à 25; 26 est bien visible; 27 et 28 sont de nouveau affaiblies, et 29 éteinte.

Iodure de propyle — Se comporte d'une manière analogue, mais est un peu moins absorbant.

Iodure d'amyle. — Est encore moins absorbant, affaiblit 18 et 20 sans les éteindre; laisse facilement passer 22 à 28; 29 est à la limite.

Bromure d'éthyle. — Affaiblit beaucoup 22, éteint 24 et suivantes.

Acide formique (échantillon du tableau P). — Affaiblit 26 à 29. Les acides *acétique* et *propionique* ne paraissent pas absorbants.

Acétate méthylique. — Intercepte 25 et suivantes.

Butyrate méthylique. — Affaiblit 25 à 26; intercepte 27 et suivantes.

Butyrate éthylique. — Affaiblit les raies extrêmes.

Butyrate butyrique. — Affaiblit 24; intercepte 25 et suivantes.

Acétate d'allyle. — Affaiblit 22 à 27; intercepte 28 et 29.

Éther éthylazotique. — Affaiblit 24; intercepte 25 et suivantes.

Éther amylazotique. — Affaiblit 24; intercepte 25 et suivantes.

Gaz d'éclairage (dans un tube de $0^{m},16$). — Affaiblit 25; intercepte 26 et suivantes.

En somme, bien que les exemples ne soient pas nombreux, on peut conclure que les liquides très absorbants et suffisamment volatils donnent aussi des vapeurs exerçant une absorption sensible.

CONCLUSION

Nous avons déjà donné au cours de ce mémoire, les conclusions principales que nous avons pu déduire de nos observations; elles ont été consignées à la fin de chacun des chapitres précédents [1]. Nous ne les reproduisons pas ici et nous nous bornons à rappeler les plus importantes et les plus générales.

[1] Voyez en particulier les articles relatifs aux alcools, aux kétones, aux éthers simples, etc.

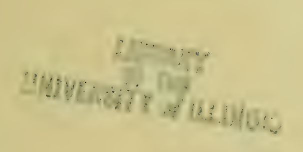
Quoiqu'il soit très difficile d'obtenir des substances d'une pureté suffisante pour permettre de bonnes observations, il paraît incontestable qu'il y a une grande analogie dans la manière dont les corps faisant partie d'une même série homologue se comportent en ce qui concerne l'absorption. Les alcools, les kétones, les éthers iodhydriques etc., fournissent des exemples de pareilles séries.

MM. Hartley et Huntington ont admis qu'entre deux termes consécutifs d'une même série homologue, l'absorption augmente avec la complication du radical alcoolique, qui serait d'autant moins transparent qu'il contiendrait un plus grand nombre de molécules CH^2. Tout en reconnaissant comme probable l'existence de ces différences, MM. H. et H. nous semblent se les être un peu exagérées, et elles nous ont paru en grande partie masquées par les impuretés inévitables des substances étudiées.

La substitution d'un atome d'iode, de brome ou de chlore, à un atome d'hydrogène introduit des différences de transparence beaucoup plus importantes. Les éthers iodhydriques sont très opaques, les éthers bromhydriques le sont moins, les éthers chlorhydriques sont assez transparents.

Il n'y a pas d'analogie bien précise entre les éthers simples et les sels haloïdes correspondants, ce qui tendrait à faire admettre qu'entre ces deux classes de composés, il y a une différence importante de groupement moléculaire.

L'étude comparative des éthers composés et des sels métalliques correspondants montre que ces deux classes de corps se comportent également d'une manière très différente au point de vue de l'absorption : les azotites et



ALCOOL MÉTHYLIQUE

Courbe portant les

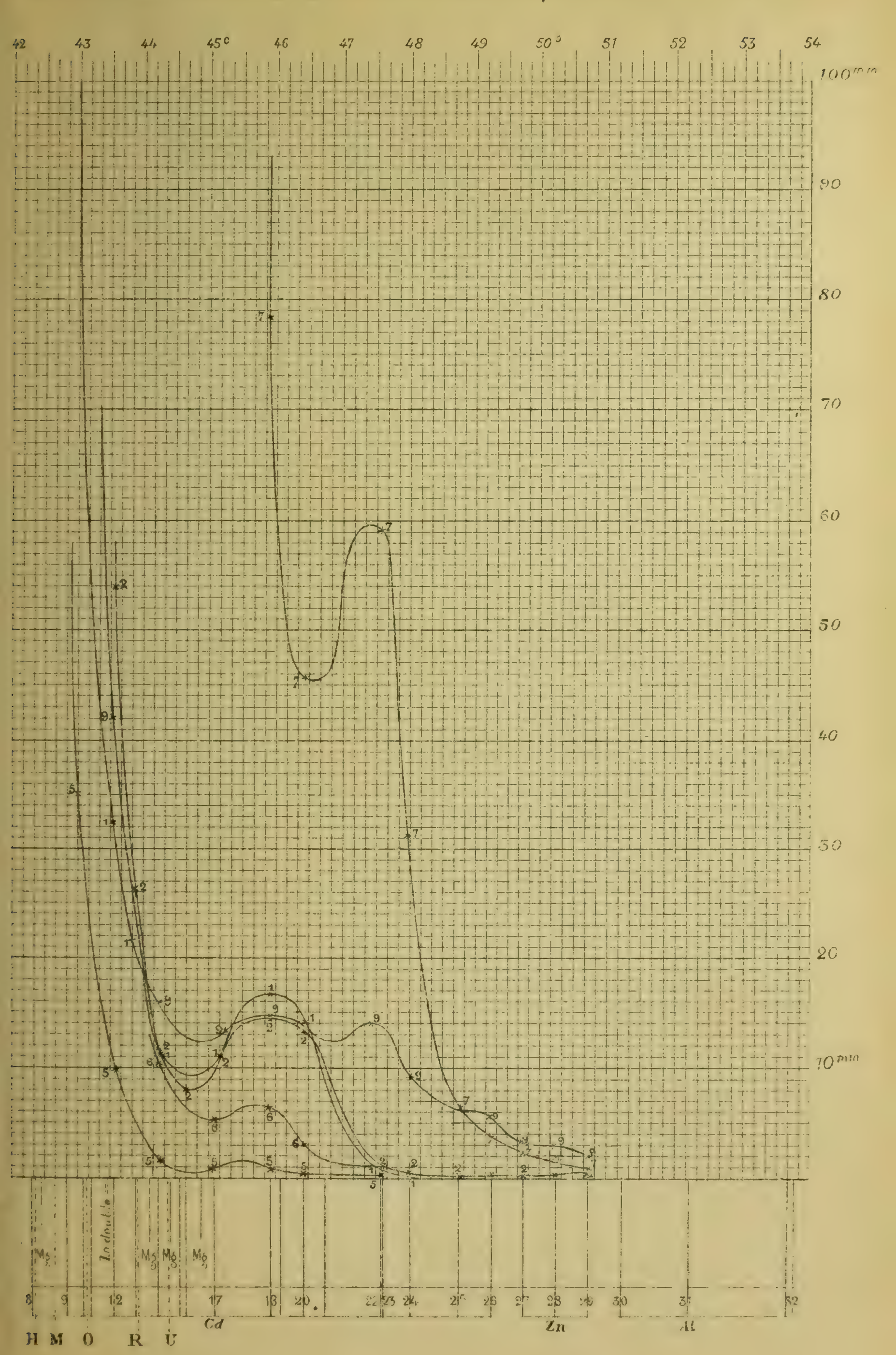
N°s 1. *Alcool méthylique ordinaire de Kahlbaum.*

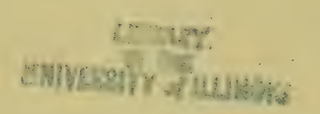
2\. *Même produit rectifié.*

5\. *Esprit de bois rectifié à — 12°.*

7\. *Alc. méth. extrait de l'oxalate de méthyle (préparation faite en petit).*

9\. *Alc. méth. extrait de l'oxalate de méthyle, de Kahlbaum.*

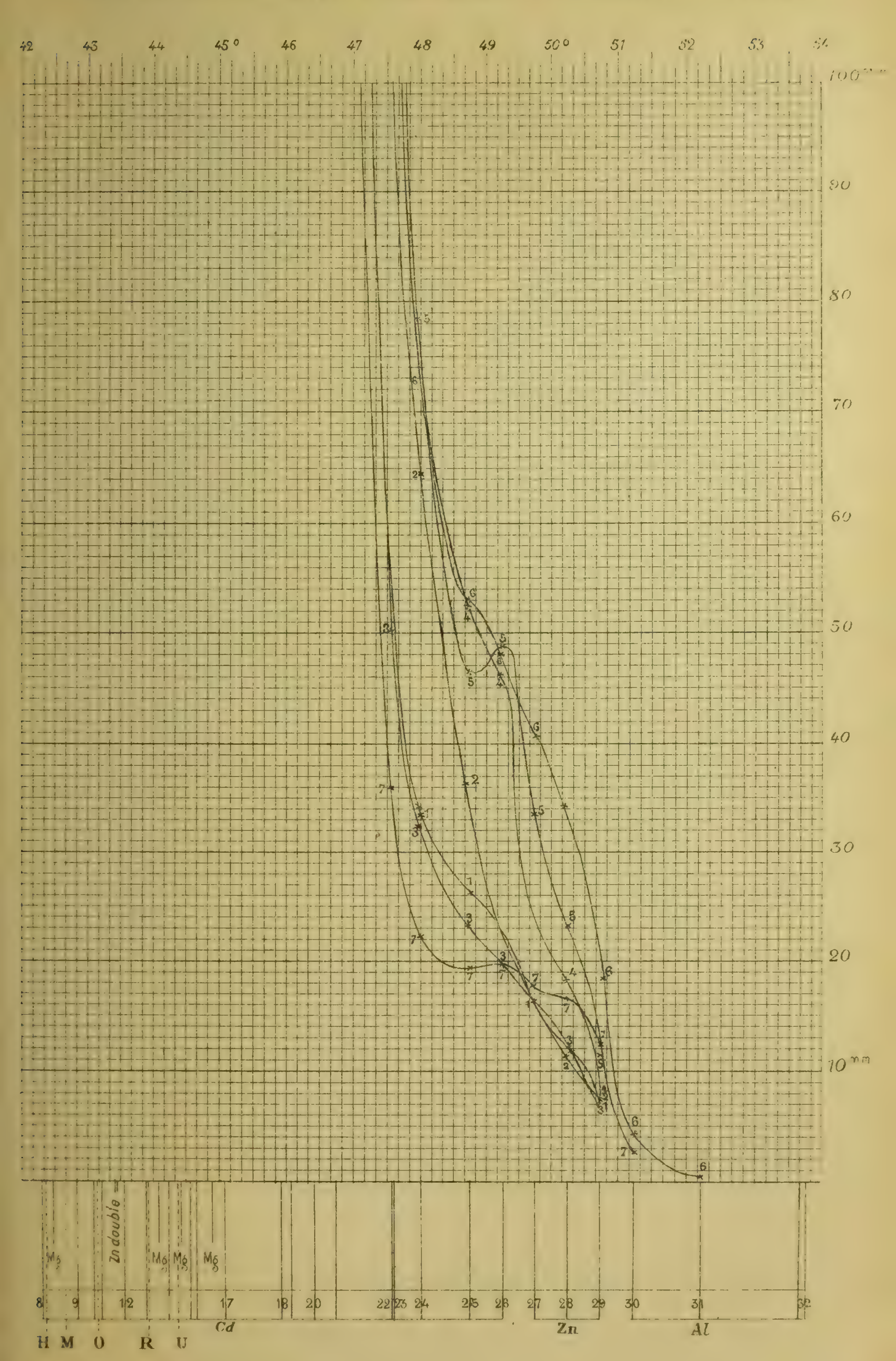

42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
53
54
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10mm
8
9
12
17
18
20
22
23
24
26
27
28
29
30
31
32
Cd
Zn
Al
H M O R U


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

ALCOOL ÉTHYLIQUE

Courbe portant les

*N^os^* 1. 2. 3.	*Échantillons d'alcool rectifié du commerce.*
4.	*Alcool pur de Kahlbaum.*
5.	*Même produit rectifié.*
6.	*Alcool très pur, à 96 %, Kahlbaum.*
7.	» *absolu (99,8 %)* »


42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
53
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10mm
Zn double
M5
M6
M6
M6
8
9
12
17
18
20
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
Cd
Zn
Al
H M O R U

ALCOOLS PROPYLIQUE ET ISOPROPYLIQUE

Courbe portant les

Nos 1. Alcool propylique de Kahlbaum.

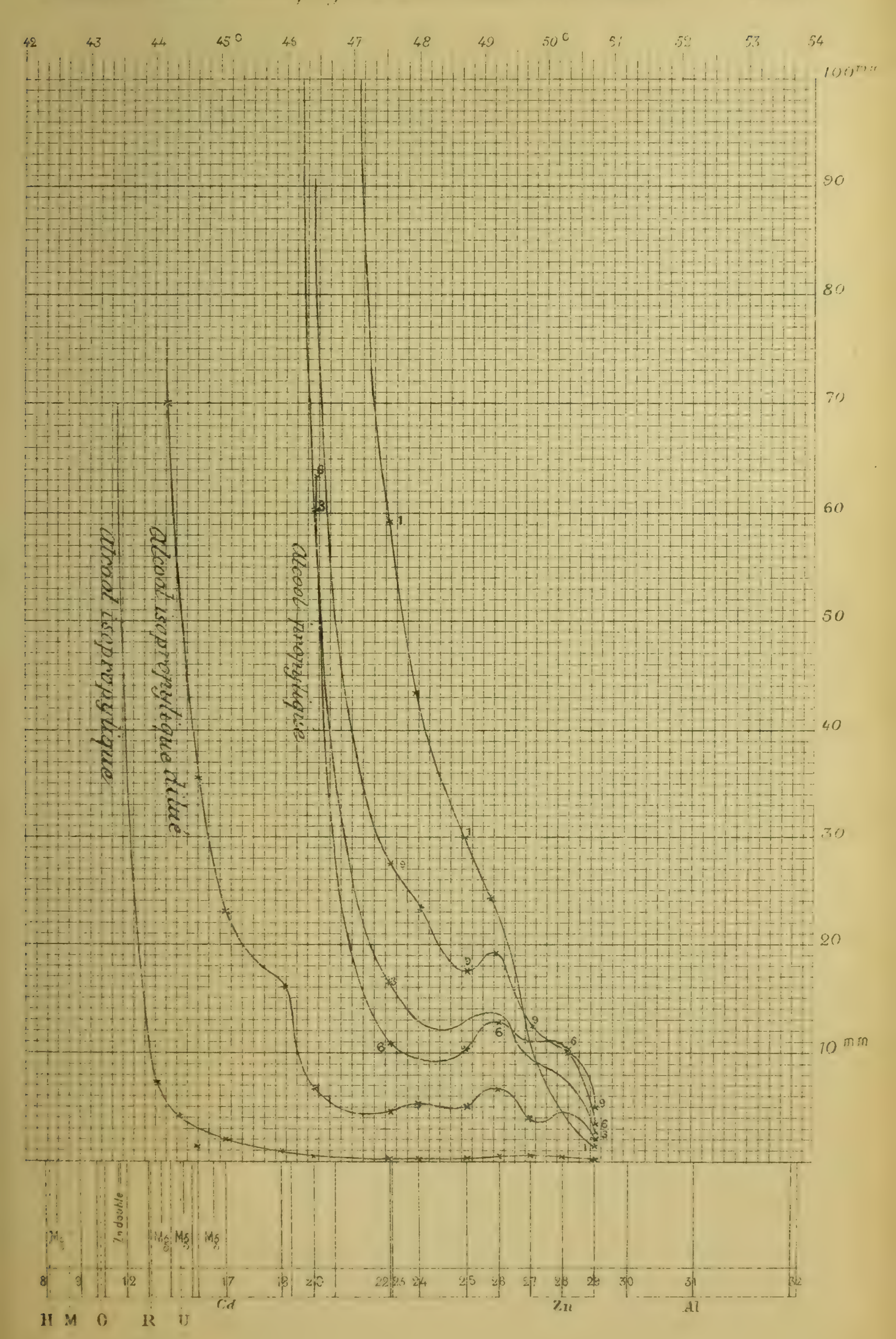
3. Même produit rectifié.

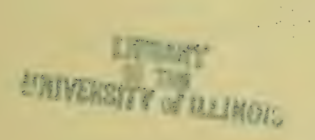
6. Alcool propylique de P. & P.

9. » de Kahlb. (2me échantillon).

La courbe intitulée « alcool isopropylique » *se rapporte à un échantillon de cet alcool probablement* impur *(Kahlbaum).*

La courbure intitulée « alcool isopropylique dilué » *se rapporte à un mélange de 5 °/o, en volume, d'alcool isopropylique (échantillon ci-dessus mentionné) et de 95 °/o d'alcool éthylique.*

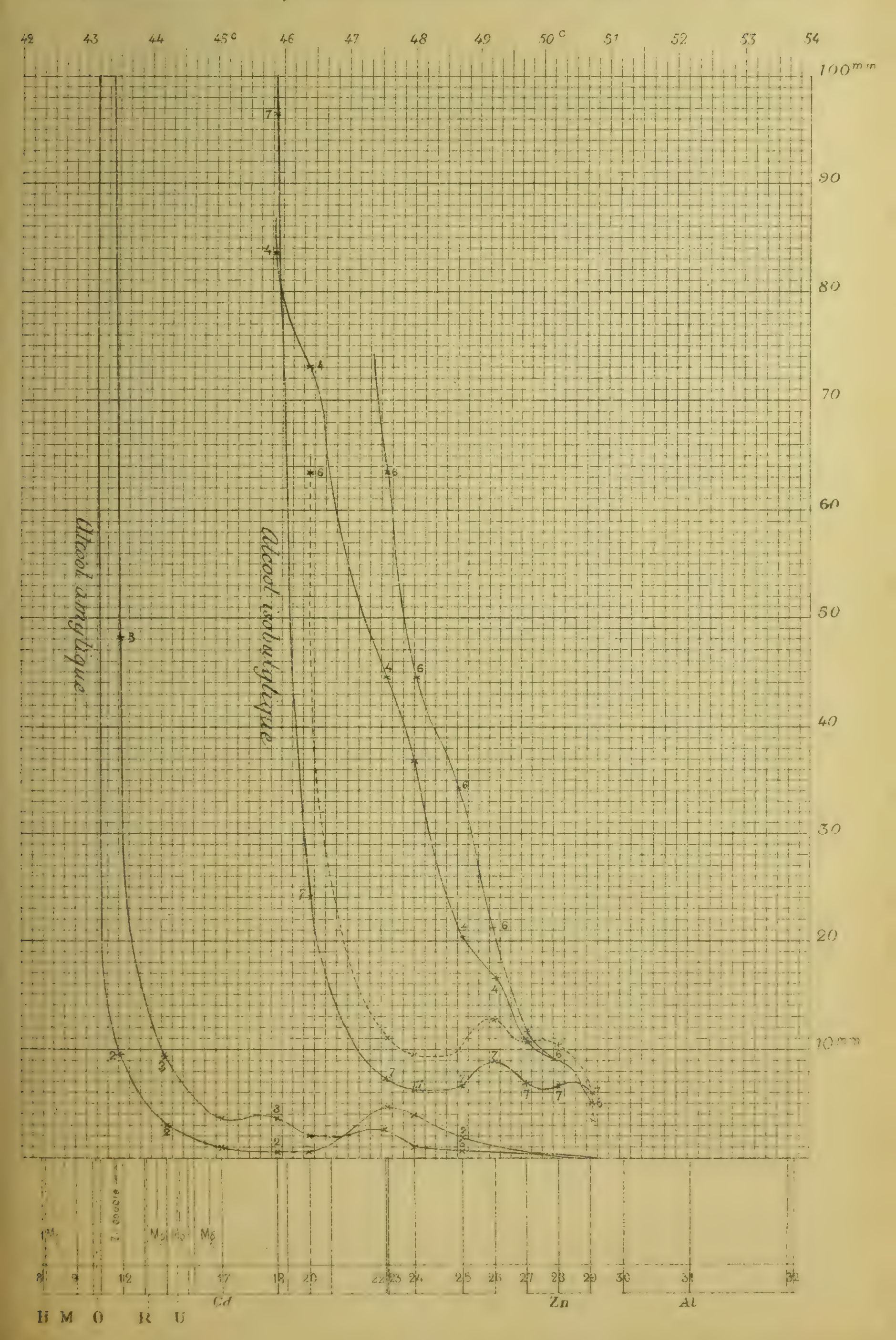

42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
53
54
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10 mm
Alcool isopropylique
Alcool isopropylique dilué
Alcool propylique
Ind double
Cd
Zn
Al
H M O R U



ALCOOLS ISOBUTYLIQUE ET AMYLIQUE

Courbe portant les

N°s 4.	*Alcool isobutylique de Kahlbaum.*
6.	*Même produit conservé longtemps.*
7.	*Alcool isobut. d'Is. Pierre & P.*
2.	» *amylique de Kahlbaum rectifié.*
3.	» » *d'Is. Pierre & P.*
Courbe pointillée.	» *propylique* »



42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
53
54
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10mm
Alcool amylique
Alcool isobutylique
8
9
12
17
18
20
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
Cd
Zn
Al
H M O R U

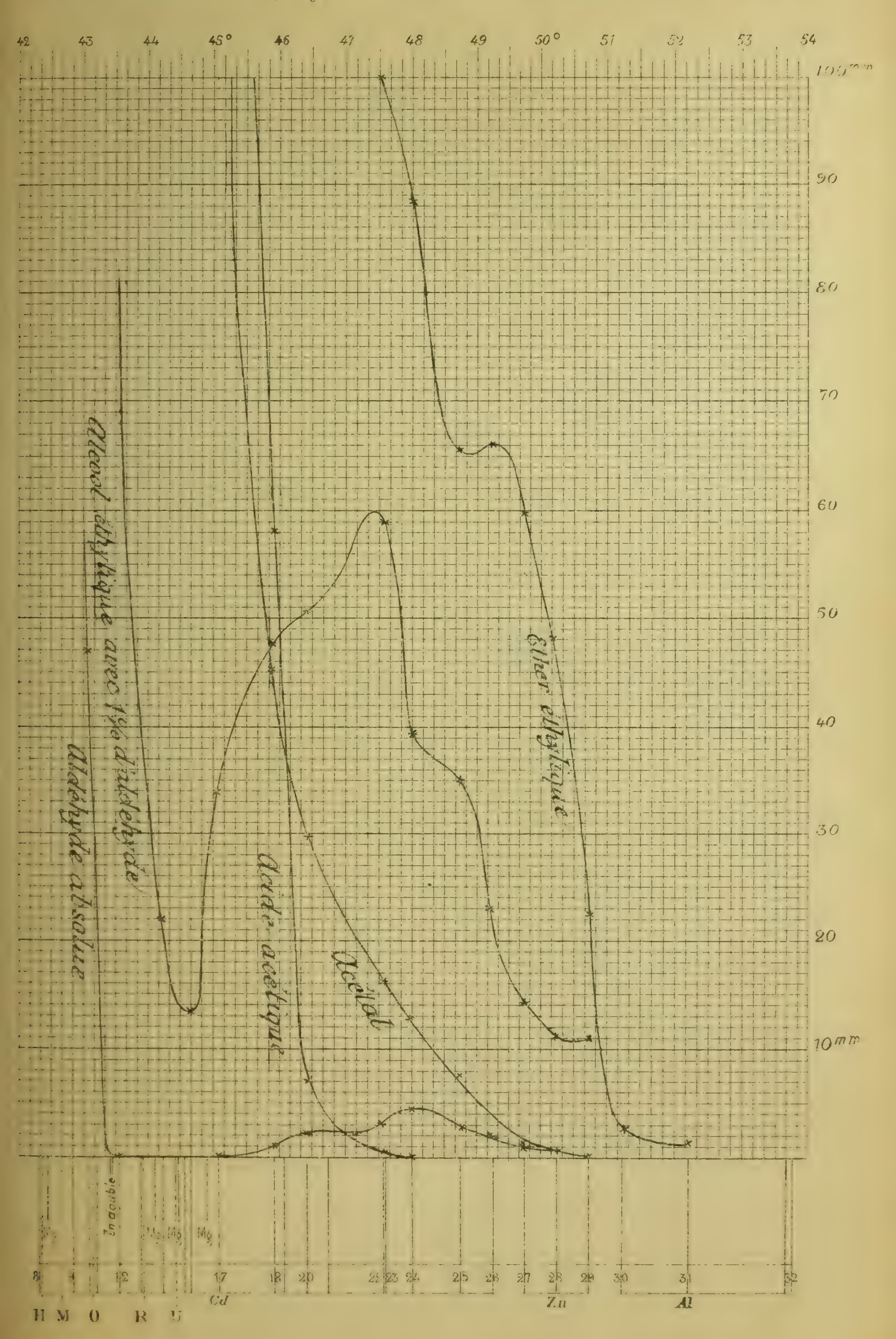
ALDEHYDE ABSOLUE.

» DILUÉE.

ACÉTAL.

ÉTHER ÉTHYLIQUE.

ACIDE ACÉTIQUE.


42 43 44 45° 46 47 48 49 50° 51 52 53 54
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10mm
Alcool éthylique avec 1% d'aldéhyde
Aldéhyde absolue
Acide acétique
Acétal
Éther éthylique
Zn double
Mg
Mg
Cd
Zn
Al
H M O R U

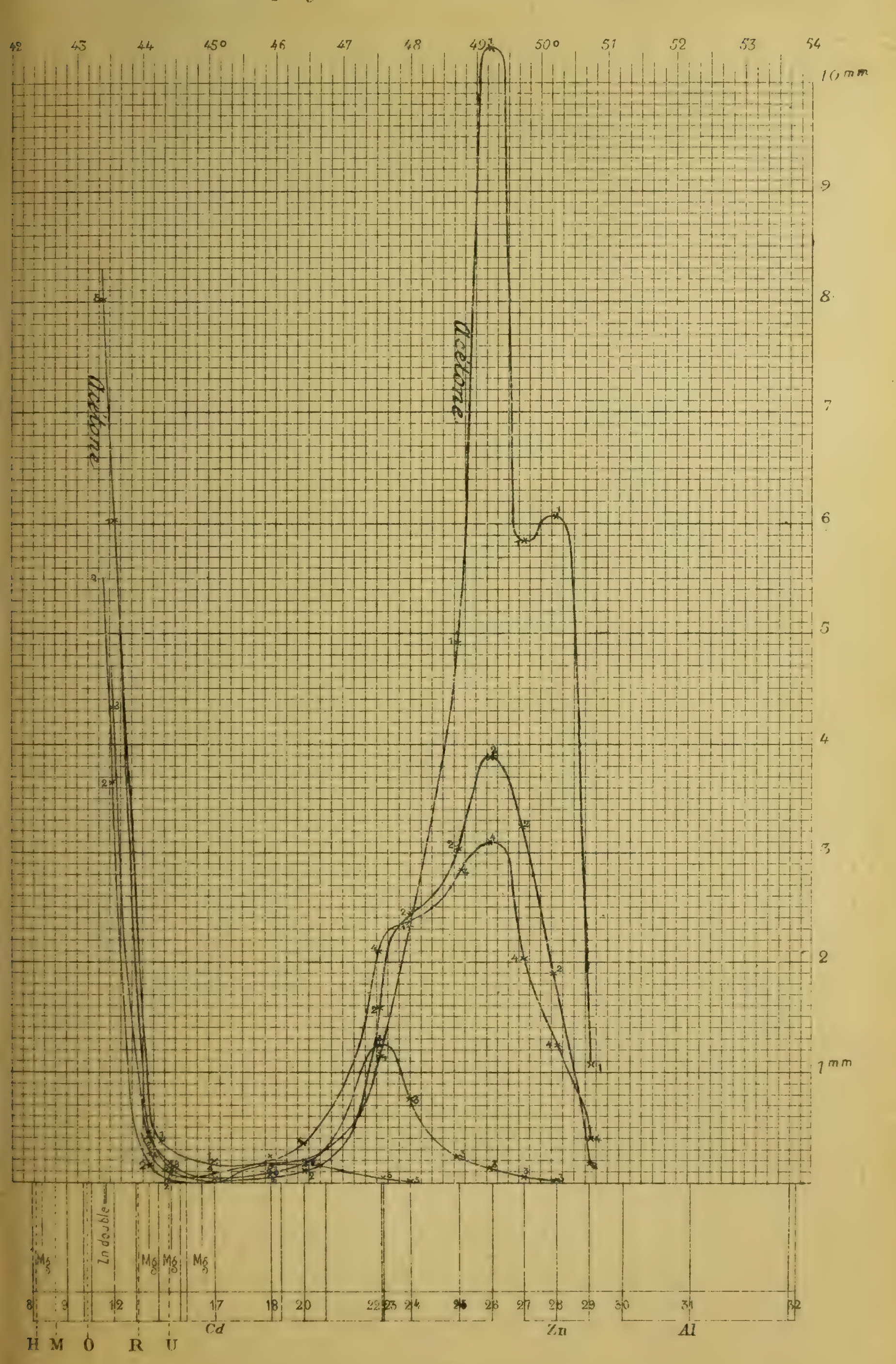


KÉTONES

Échelle de 10 divisions pour 1mm d'épaisseur

Courbe portant les

Nos 1.	*Acétone.*
2.	*Méthyléthylkétone.*
3.	*Méthylproxylkétone.*
4.	*Méthylhéxylkétone.*
5.	*Propione.*



42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
53
54
10 mm
9
8
7
6
5
4
3
2
1 mm
Acétone
Acétone
Cd
Zn
Al
H M O R U
Mg
Mg
Mg
Mg



ÉTHERS SIMPLES

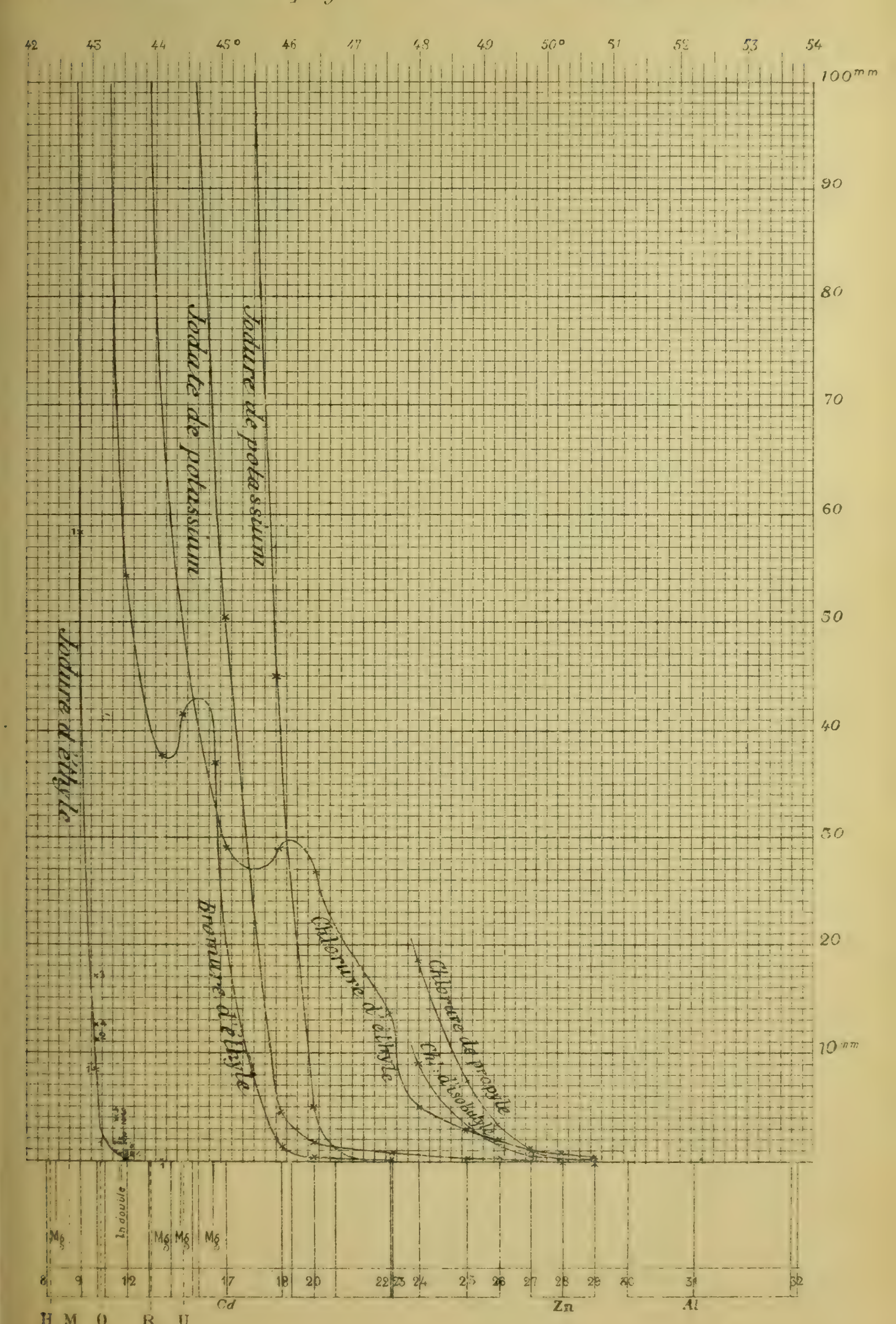
Observations marquées des chiffres suivants :

1. *Iodure d'éthyle absolu.*
2. » *de propyle* »
3. » *d'isobutyle* »
4. » *d'amyle* »

(La courbe de ces trois derniers produits n'est pas tracée.)

Les courbes des autres produits en portent l'intitulé.

L'iodure de potassium est au titre de 6$^{gr.}$,64 dans un litre (solution alcoolique), et l'iodate au titre de 8$^{gr.}$,56 (solution aqueuse).



42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
53
54
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10mm
Iodure de potassium
Iodate de potassium
Iodure d'éthyle
Bromure d'éthyle
Chlorure d'éthyle
Chlorure de propyle
Ch. d'isobutyle
Indaoule
Mg
Mg
Mg
Mg
8
9
12
17
18
20
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
Cd
Zn
Al
H M O R U

ÉTHERS SIMPLES

Iodures, bromures et chlorures dilués

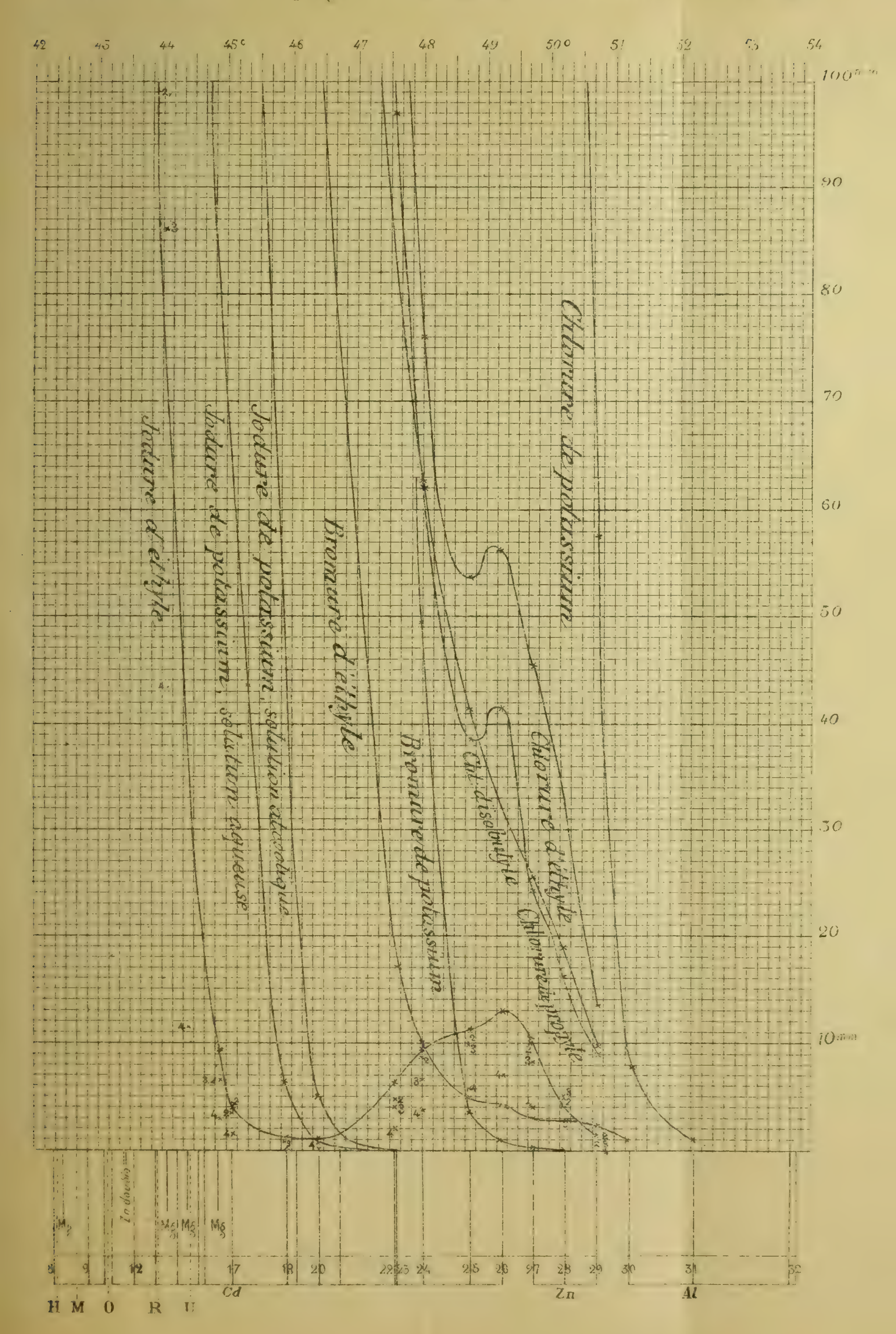
Observations marquées des chiffres suivants :

1.	*Iodure d'éthyle, sol. alcool. à*			*6gr.,24*	*dans un litre.*
2.	»	*de propyle,*	»	*6gr.,8*	»
3.	»	*d'isobutyle,*	»	*7gr.,36*	»
4.	»	*d'amyle,*	»	*7gr.,92*	»

(La courbe de ces trois derniers produits n'est pas tracée.)

Les autres solutions sont aux titres suivants :

Iodure de potassium,	*sol.*	*aqueuse,*	*6gr.,64*	*dans un litre.*
»	»	*alcool.*	*6gr.,64*	»
Bromure d'éthyle.	»	»	*4gr.,36*	»
» *de potass.,*	»	*aqueuse,*	*4gr.,76*	»
Chlorure d'éthyle,	»	*alcool.*	*2gr.,58*	»
» *de propyle,*	»	»	*3gr.,14*	»
» *d'isobutyle,*	»	»	*3gr.,7*	»
» *de potassium,*	»	*aqueuse,*	*2gr.,976*	»



42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
53
54
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Chlorure de potassium
Bromure d'éthyle
Iodure de potassium, solution alcoolique
Iodure de potassium, solution aqueuse
Iodure d'éthyle
Bromure de potassium
Chlorure d'éthyle
Chlorure d'isobutyle
Chlorure de propyle
Cd
Zn
Al
H M O R U

ÉTHERS AZOTIQUES ET AZOTATES

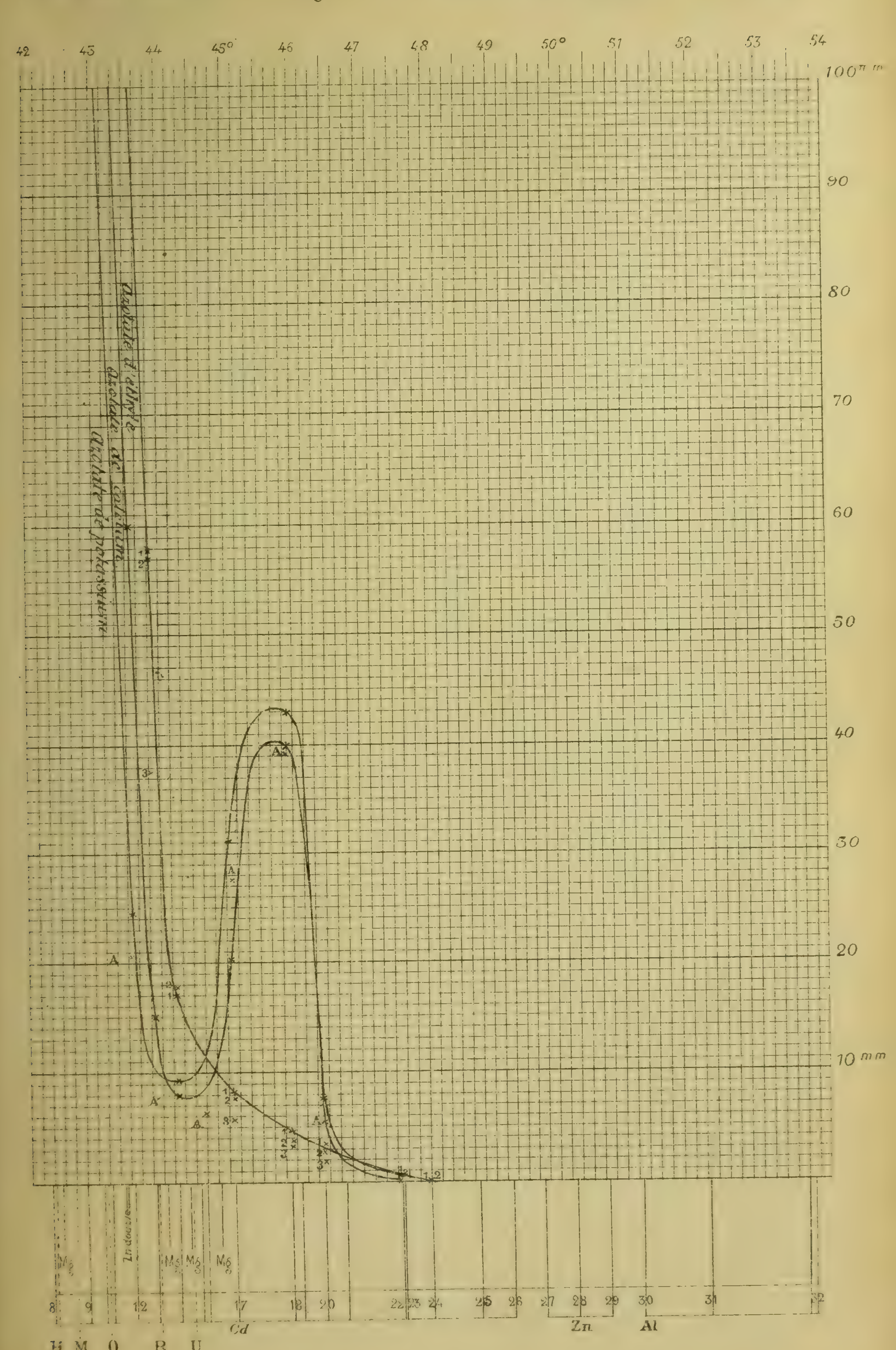
En solution dans la proportion de 1 gr. d'azote dans un litre. La solution est alcoolique pour les éthers et l'azotate de calcium; elle est aqueuse pour les azotates de potassium et d'ammoniaque.

Les croix marquées du chiffre :

1,	*se rapportent à l'azote d'éthyle.*		
2,	»	»	*disobutyle.*
3,	»	»	*d'amyle.*

(La courbe n'est pas tracée pour ces deux derniers produits).

Les croix marquées de la lettre A *se rapportent à l'azotate d'ammoniaque.*


42 43 44 45° 46 47 48 49 50° 51 52 53 54
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10 mm
Acétate d'éthyle
Acétate de calcium
Chlorure de potassium
8 9 12 17 18 20 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
Cd
Zn
Al
H M O R U



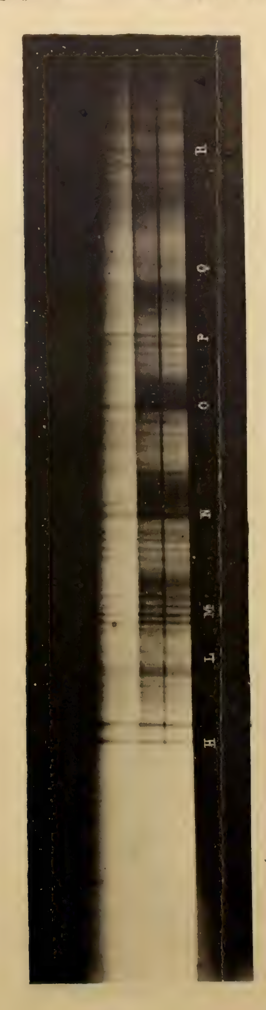
1. Spectre solaire ultra-violet.

2. Spectre solaire avec interposition de vapeurs d'éther amylazoteux.

Phototypie Thévoz et Cie.

ıts.
ıue
des
on
nt,
e à
on
es
é-
els
is-
ifs
s :
es
at
nt

Éther amylazoteux.



1

2

1. Spectre solaire ultra-violet.
2. Spectre solaire avec interposition de vapeurs d'éther amylazoteux.

Phototypie Thévoz et C°.

les azotates en donnent les exemples les plus frappants.

Nous avons souvent insisté sur l'influence fâcheuse que la rectification et la dessiccation exercent sur la pureté des produits, particulièrement des alcools.

Dans un grand nombre de cas d'autre part, lorsqu'on dissout un corps absorbant dans un liquide transparent, on ne trouve pas que l'absorption soit proportionnelle à la concentration, ce qui semble indiquer que la dissolution est accompagnée d'une action chimique ou physique. Les perturbations sont particulièrement sensibles lors du mélange de deux liquides solubles l'un dans l'autre, tels que l'eau avec l'alcool absolu ou avec l'acide acétique cristallisable.

Enfin nous avons fait connaître quelques faits relatifs à l'absorption des rayons ultra-violets par les vapeurs : généralement l'absorption est facile à constater sur les vapeurs des composés de la série grasse, lorsqu'à l'état liquide ils sont à la fois très absorbants et suffisamment volatils.

SUR L'ÉTAT D'ÉQUILIBRE QUE PREND

AU POINT DE VUE DE SA CONCENTRATION

UNE

DISSOLUTION GAZEUSE PRIMITIVEMENT HOMOGÈNE

DONT DEUX PARTIES SONT PORTÉES A DES TEMPÉRATURES DIFFÉRENTES

PAR

M. P. van BERCHEM

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 19 décembre 1889.

I

L'étude d'une dissolution saline placée dans les mêmes conditions a été faite par M. Ludwig[1] qui a trouvé pour une dissolution de sulfate de soude qu'il y avait concentration du sel dans la partie froide et par M. Ch. Soret[2]. Ce dernier trouve pour l'azotate de potassium, les chlorures de lithium, potassium et sodium : 1° qu'il se produit un phénomène de diffusion par suite duquel la concentration tend à augmenter dans la partie froide aux dépens

[1] *Arch. des sc. ph. et nat.* 1879, II, p. 48. 1880, II, p. 209.
[2] *Wiener Ber.* XX, p. 539.

de la partie chaude, 2° que la différence qui s'établit croît avec la concentration du liquide, 3° que dans la série des chlorures alcalins la différence est d'autant plus grande pour une même concentration absolue que le poids moléculaire du sel est plus élevé.

Les recherches sur le cas d'une dissolution gazeuse ont été entreprises à l'instigation de M. Soret et sous sa direction. Elles ont porté sur l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque, deux gaz dont les coefficients de solubilité très forts permettent d'apprécier de faibles différences de concentration.

II

J'ai employé l'appareil que M. Ch. Soret a déjà décrit ici et que je rappellerai en quelques mots. Il se compose d'une chaudière cubique chauffée au moyen d'un bouilleur latéral dont le fond est traversé par six moufles de cuivre verticales ouvertes par le bas et fermées par le haut. Un siphon en relation avec un réservoir latéral maintient le niveau de l'eau constant dans la chaudière. La température est maintenue constante par un régulateur à gaz d'Andreæ. Au-dessous de la chaudière une cuve que traverse un courant d'eau froide. Les dissolutions étaient introduites dans des tubes droits de 30 cm. de longueur et 2 cm. de diamètre intérieur environ, effilés et fermés à leurs deux bouts. La partie supérieure était introduite dans les moufles de la chaudière et maintenue par une pince à ressort, tandis que la partie inférieure plongeait dans le réservoir d'eau froide. Cette partie inférieure était effilée et recourbée vers le haut. Elle doit être fermée, sans cette précaution le tube serait vidé par la pression du gaz tendant à se dégager dans la partie supérieure dès qu'on

la chauffait. C'est là que je laissais un peu d'air destiné à empêcher le tube de sauter par la dilatation du liquide.

Pour ouvrir ces tubes on cassait l'extrémité supérieure, puis l'inférieure et on recueillait les deux portions dans deux flacons différents. Le dosage se faisait par la méthode acidimétrique en employant des liqueurs très étendues. Pour l'acide chlorhydrique; en dosait à quatre reprises 2 cc. de la liqueur à analyser et l'on prenait la moyenne. Pour l'ammoniaque, les résultats n'étaient pas constants, la solution perdant du gaz d'un dosage à un autre. Pour y remédier les deux fractions étaient reçues dans des flacons pesés contenant une quantité connue d'acide titré. On les pesait de nouveau pour avoir le poids total de chaque fraction, et le dosage de celles-ci était achevé. En divisant le titrage de la fraction totale par son poids on obtenait le titrage de 1 gr. de la solution à analyser.

III

Voici les résultats obtenus avec des températures de 50° et 15° environ. Les chiffres pour l'acide chlorhydrique indiquent le poids du gaz dans 1 cc. de la solution, pour l'ammoniaque le poids du gaz dans 1 gr. de la solution.

Acide chlorhydrique. Tubes droits.

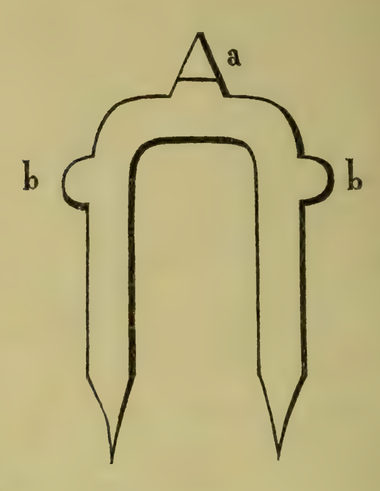
Durée de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
14 jours	0,1393	0,1365	0,0028
»	0,1402	0,1348	0,0054
»	0,1429	0,1368	0,0061
»	0,2041	0,2023	0,0018
»	0,2072	0,2009	0,0061
42 jours	0,1682	0,1634	0,0048
43 jours	0,1713	0,1705	0,0008
»	0,1731	0,1685	0,0046

Ammoniaque. Tubes droits.

Durée de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
43 jours	0,0361	0,0358	0,0003
»	0,0346	0,0347	—0,0001
»	0,0387	0,0370	0,0017
38 jours	0,1086	0,1084	0,0002
»	0,1082	0,1082	—
»	0,1063	0,1085	—0,0022
36 jours	0,1926	0,1977	—0,0051
»	0,2043	0,2108	—0,0065
23 jours	0,2678	0,2653	0,0025
40 jours	0,2112	0,2119	—0,0007
38 jours	0.2591	0,2553	0,0038
46 jours	0,2988	0,2990	—0,0002
»	0,3094	0,3072	0,0022

Pour l'acide chlorhydrique bien que les résultats ne soient pas exactement les mêmes pour les différents tubes, ils indiquent une concentration dans la partie froide. Les résultats pour l'ammoniaque ne sont plus réguliers du tout puisque la concentration a lieu tantôt dans l'une tantôt dans l'autre des deux parties. On aurait pu le prévoir, car la densité des dissolutions d'ammoniaque allant en diminuant avec leur concentration, si la concentration devait se produire dans la partie froide, c'est-à-dire en bas, cette partie devenant plus légère se serait mise à monter et le courant engendré aurait empêché tout état d'équilibre de s'établir. On employa alors des tubes en U renversés. Ils étaient effilés à leurs deux extrémités inférieures sans recourbement. On soufflait deux petites ampoules b sur le côté supérieur de chaque branche. Sur le sommet de la courbure était soudé un petit tube *a* qu'on effilait à la lampe après le remplissage en y laissant une petite bulle d'air. Ces tubes étaient posés à cheval, une branche dans la chaudière, l'autre dans le réservoir froid latéral. Pour

vider le tube, la pointe du petit tube et les deux ampoules étaient brisées, le liquide de la partie intermédiaire s'écou-



lait, puis on recueillait séparement les deux fractions chaudes et froides en brisant les deux pointes inférieures. Le remplissage et le vidage de ces tubes en U ne présentait pas de difficultés, tandis que ces deux opérations étaient délicates pour les tubes droits :

Ammoniaque. Tubes en U.

Partie de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
13 jours	0,1383	0,1350	0,0033
21 jours	0,1410	0,1415	—0.0005
»	0,1392	0,1364	0.0028
34 jours	0,1403	0,1400	0,0003
»	0,1413	0,1405	0,0008
»	0,1442	0,1405	0,0037

Dans ces conditions la concentration a bien lieu dans la partie froide, bien qu'il y ait encore un tube pour lequel le résultat est légèrement négatif. Les chiffres varient d'un

tube à l'autre comme ils variaient pour l'acide chlorhydrique. Ces variations proviennent des imperfections de la méthode. On voit que les chiffres obtenus ne permettent pas de voir l'influence produite par la plus ou moins grande durée de l'expérience ou par la concentration des dissolutions.

Tout ce qu'on en peut conclure c'est que la concentration pour ces deux gaz se fait dans la partie froide et qu'elle est du même ordre que celle trouvée par M. Ch. Soret pour les sels qu'il a étudiés.

Il restait à s'assurer que la concentration dans les tubes en U ne provenait pas d'une distillation de la branche chaude dans la branche froide par l'intermédiaire de la bulle d'air contenue dans le petit tube *a*. Trois tubes incomplètement remplis d'une solution d'ammoniaque dont les fractions chaudes et froides étaient entièrement séparées par de l'air ont donné les résultats suivants.

Durée de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
1 jour	0.3222	0,1720	0,1502
3 heures	0,2369	0,2028	0,0341
5 heures	0,1418	0.1169	0,0249

Cette concentration d'un ordre plus élevé et obtenue dans un temps beaucoup plus court provient évidemment de distillation. Puisque cette concentration n'a pas été obtenue dans les tubes entièrement remplis, même après plusieurs semaines, c'est que nous n'avions pas alors de distillation, mais bien un état d'équilibre spécial pour une dissolution gazeuse dont deux parties sont portées à des températures différentes.

Laboratoire de physique de l'Université de Genève.

OBSERVATIONS

SUR

L'ATAVISME DES PLANTES

PAR

M. le baron d'ETTINGHAUSEN

ET

M. le prof. KRASAN, de Graz.

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 19 décembre 1889.

Au printemps 1886, à l'occasion d'une gelée rigoureuse qui avait désolé les forêts et les vignes de la Styrie, nous avons remarqué en plusieurs endroits, sur les chênes, de même que sur les hêtres, des formes de feuilles tout à fait étrangères, apparues sur les rameaux que le givre avait saisis. Ces rameaux et branches minces, bien que paraissant épuisés par les effets destructifs du froid, avaient émis des jets secondaires dont la plupart se sont développés aussitôt que la chaleur du milieu du mois de mai, était devenue plus forte. Mais ce qui devait au coup d'œil, frapper davantage, c'est qu'en voyant ces pousses s'accroître jusqu'à la grandeur ordinaire, l'observateur hésitait pour savoir si l'on avait sous les yeux des chênes et des hêtres de la flore européenne si bien connus, ou

des espèces américaines et des Indes, vu la différence d'avec les types ordinaires. De plus, on remarquait aussi un rapport entre ces types et certaines formes éteintes des deux genres. Il y a une affinité dont personne ne saurait contester l'importance, lorsqu'on les compare avec les espèces fossiles qui ont été trouvées dans les diverses couches du tertiaire.

Le même effet vient d'être observé quand les arbres avaient été endommagés par des hannetons et des chenilles qui avaient dévoré leurs feuilles. Nous nous en sommes aperçus à plusieurs reprises. D'abord nous avons tenu ces phénomènes pour un effet insignifiant et éphémère, ensuite nous leur avons attribué un sens que personne ne pourrait deviner. Enfin, nous ne doutâmes plus que ce ne soit une partie de l'histoire de la plante même, et qu'il ne fallût prendre ces formes comme des restes d'une constitution spécifique de l'arbre, c'est-à-dire comme des éléments de forme qui, autrefois, auraient composé l'espèce dans son entier.

Selon notre opinion, l'espèce tertiaire se serait éteinte peu à peu, pas du tout par l'effacement des individus, — au moins nous le pouvons dire quant aux deux genres en Styrie, — mais en repoussant successivement ses éléments et les remplaçant par d'autres, qui ont fini par donner à l'arbre un aspect tout différent de celui qui marquait les premières étapes de sa formation. Ainsi, l'arbre en se multipliant par des générations innombrables, se serait transformé durant l'époque tertiaire: car la suite des éléments sur la souche-mère, n'est-elle pas ce que nous devons nommer TRANSFORMATION?

Mais dans le cours des périodes, les éléments, tels que la science phytopaléontologique nous les a fait con-

naître, ne se sont pas effacés totalement; quelques rudiments en sont restés, par exemple à la base des rameaux. Ce sont des feuilles la plupart minces, rudimentaires, mais d'autre contour, d'autre nervation que les feuilles normales.

Ici nous venons de signaler un fait curieux et important. C'est que sur ces mêmes individus dont les feuilles, à l'état normal, n'offrent aucune forme singulière, sauf quelques petites différences lorsque leur marche d'évolution périodique a été interrompue, troublée ou dérangée, on voit une foule de formes étrangères, parfois extrêmement bizarres, se détacher. Quelque monstrueuses et énigmatiques que soient celles-ci, il y a sans doute une raison d'être parmi ces phénomènes, c'est-à-dire des liens qui rattachent une forme à l'autre et en même temps à la souche phylogénique d'où sortent toutes les formes que le genre peut produire. Quelle que soit cette souche, quelle que soit l'idée qu'on s'en doive faire, la question si elle avait une existence réelle, ou s'il s'agit d'une souche imaginaire ou idéale, comme dans les minéraux, est le sujet de notre mémoire intitulé : *Beiträge zur Erforschung der atavistischen Formen an lebenden Pflanzen*, présenté à l'Académie des Sciences de Vienne, le 10 nov. 1887.

Il est vrai pourtant, qu'on ne peut dire que l'une de ces formes est dérivée de l'autre; cela semble impossible, ainsi que parmi les cristaux, êtres d'une affinité très idéale. Voilà l'énigme que nous nous efforçons de résoudre (voir le chapitre : *Originalität der Formelemente, Formverwandtschaft und Genealogie*).

Quant aux effets des lésions et des dégâts causés autant par le froid que par les insectes, une efficacité accrue a pu être constatée de manière que les arbres qui

ont souffert de la gelée de mai et qui en sont affaiblis, paraissent de beaucoup plus susceptibles. Dans les dérangements exercés par les insectes, une simple piqûre ou morsure légère est suffisante pour produire de nombreuses déformations. A l'inverse, on trouvera toujours que les individus qui ont subi de fréquentes lésions par des hannetons ou des chenilles ne résistent que très faiblement au froid, principalement aux gelées blanches, si pernicieuses à la végétation hâtive du printemps.

Les givres de mai dans la période de la feuillaison de la plupart des arbres, sont très fréquents en Styrie. A peine peut-on compter deux années sur cinq où les plantes puissent végéter sans être troublées brusquement par la gelée qui vient interrompre le développement des feuilles et des fleurs; et comme pour achever le désastre, ce sont justement les individus appauvris de force et particulièrement les branches qui ont souffert le plus, qui se voient attaqués et dépouillés par la voracité des insectes.

Il y a surtout quelques endroits de situation peu avantageuse, exposés aux vents et en général aux vicissitudes climatériques où, non seulement en Styrie, mais encore dans les autres provinces sous-alpines, se passent ces phénomènes, dont la vraie nature, vu l'apparition des formes étrangères, n'a pu être encore reconnue. Nous voyons et jugeons seulement les circonstances, ignorant tout à fait la cause principale qu'il faudrait chercher dans la disposition intérieure de la plante même, attendu qu'elle ne se trahit jamais par l'extérieur. Mais cette disposition ou tendance à faire naître tant de formes diverses, celles-ci monstrueuses, celles-là régulières, mais rappelant certains types fossiles, d'autres approchant de quelques formes vivantes de pays éloignés, ou peut-être

représentant des types PROGRESSIFS, d'où vient-elle? Comment la définir? Voilà encore des questions et des points problématiques en abondance.

Pour l'instant, nous croyons devoir nous contenter de poursuivre attentivement ces anomalies lors même que nos vues n'auraient qu'une valeur passagère. Avant de produire les formes anormales, étrangères, c'est-à-dire non propres à la plante vulgaire, il faut sans doute que l'organisme soit ébranlé ou poussé hors du cours de ses procédés de vie ordinaire. Les premières feuilles qui se font voir, sous l'influence immédiate des forces dégénératrices, n'ont d'abord point de contour régulier, elles présentent des formes presque fortuites, accidentelles, à nervures extrêmement brouillées et confuses, à contour en partie effacé ou découpé, comme s'il était corrodé par quelque chenille. Mais lorsque l'arbre sorti de cette crise, commence à se recueillir, peu à peu les irrégularités et les monstruosités vont disparaître, pour être remplacées par des formes symétriques et régulières, quoique étrangères à l'égard du type qu'elles représentent.

Quand une branche est saisie violemment et que les attaques se succèdent plusieurs années de suite, elle ne se rétablit plus, mais avant de s'éteindre tout entière, elle produit diverses formes de feuilles sur des jets retardés, la plupart d'un caractère éphémère; ainsi elle manifeste, pour mieux dire, des souvenirs du passé semblables à des fantômes; mais pour fantastiques que soient ces images, on ne saurait leur contester quelque signification dans l'histoire des espèces de nos Cupulifères dominantes.

Telle est, en termes concis, la substance de nos recherches qui sont basées, d'une part, sur l'étude des formes correspondantes fossiles, d'autre part sur les anomalies

causées par divers dérangements dans les Cupulifères vivantes. Il a fallu en effet, de très nombreuses comparaisons, pour prouver la tendance, propre aux espèces des deux genres, de reproduire parfois certaines formes et ressemblances, qui réfléchissent les types de l'époque tertiaire ou postérieure ou la plus reculée et qu'on peut résumer sous le titre de phénomène d'ATAVISME[1].

[1] Les diversités singulières des feuilles du chêne avaient été l'objet de deux travaux, l'un de M. A. de Candolle, en 1862 (*Archives des sciences physiques et naturelles* et *Annales des sciences naturelles*), l'autre de M. de Morogues (Orléans, 1876), mais c'était au point de vue de la distinction des espèces. MM. d'Ettinghausen et Krasan ont eu le mérite de constater la cause de certaines modifications de forme des feuilles et celui de les rattacher aux formes de chênes fossiles. Ils ont eu l'obligeance de nous donner en français le résumé ci-dessus des mémoires importants qu'ils ont publié dans les *Denkschriften der Akademie*, de Vienne. Nos lecteurs en sauront gré aux savants paléontologistes de Graz.

(Note de la Rédaction)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

C. Culmann et K. Gasiorowsky. Action des sels d'étain sur les sels des combinaisons diazoïques des carbures d'hydrogène. (*Journ. pr. Chem.*, XL, p. 97, Zurich.)

Effront a déjà étudié cette réaction, mais les produits qui se forment diffèrent suivant les proportions de sels d'étain employées, ainsi en traitant une molécule de chlorure de diazobenzol par une $^1/_2$ molécule de sel d'étain les auteurs obtiennent non pas du diphényle comme produit principal mais 25 % de diazobenzolimide à côté d'un peu de chlorbenzol, phénol, benzol et diphényle et de l'aniline ; en doublant la proportion de sel d'étain il se forme 14 % de benzol et beaucoup moins de chlorbenzol et phénol; un grand excès de sel d'étain donne 35 % de benzol et 4 % de diphényl mais point de chlorbenzol. Une demi-molécule de sel d'étain agissant sur le sulfate de diazobenzol en présence d'un excès d'acide sulfurique, donne peu de chlorbenzol, point de diphényle, beaucoup de phénol et de diazobenzolimide ainsi que de benzol. La diazotoluolimide (o et p) peut s'obtenir de la même façon. Le formiate de diazobenzol avec une demi-molécule de sel d'étain et de l'acide formique fournit 14 % de benzol (en poids de l'aniline), 9 % de diphényle et environ 9 % de diazobenzolimide. Le sulfate de β diazonaphtaline traité de même donne de la naphtaline et de la diazonaphtalineimide. Le brome agit facilement sur la diazobenzolimide, il se forme de la tribromaniline

$$C_6H_5N_3 + 2Br_2 = C_6H_2Br_3NH_2 + HBr + N_2.$$

L'o. et p. diazotoluolimide réagissent d'une manière analogue; enfin si on nitre avec précaution la diazobenzolimide il se forme la p. nitrodiazobenzolimide $NO_2C_6H_4N_3$ qui réduite donne de la p. nitraniline ou de la p. phénylénediamine.

G. Lunge. Améliorations dans la fabrication de l'acide sulfurique. (*Zeit. ang. Chem.*, 1889, p. 385, Zurich.)

Les recherches de Lunge, Schertel et Sorel ont montré qu'il est fort important dans la fabrication de l'acide sulfurique, que les gaz mélangés de goutelettes liquides se trouvent en contact avec de grandes surfaces solides, l'auteur propose avec L. Rohrmann, pour obtenir ce résultat, la construction d'une tour, renfermant des plaques d'argile cuite et recouvertes d'un manteau de plomb, ces plaques sont percées de trous ayant de 5-10^{mm} et pourvues à la face supérieure de petites rigoles se croisant entre elles, qui retiennent un peu le liquide avant qu'il ne passe par les ouvertures où il se trouve en contact avec les gaz ascendants. Cette tour permet de diminuer considérablement les chambres de plomb et les vapeurs nitreuses n'y sont pas réduites comme par le coke de la tour de Gay-Lussac; chaque tour est formée d'un cylindre de plomb d'environ 1^{m} de diamètre renfermant 25-40 plaques placées les unes au-dessus des autres.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

Séance du 20 novembre 1889.

M. de Blonay, ingénieur. Méthode forestière dite du contrôle. — M. Henri Dufour. Analyse spectrale des liquides de M. F.-A. Forel.

M. H. de Blonay, ingénieur, communique une note sur la méthode forestière dite du contrôle trouvée par M. Gurnaud. Cette méthode consiste : 1° à traiter les forêts en futaie jardinée avec des dénombrements périodiques fréquents qui servent à fixer exactement l'accroissement et la possibilité; 2° à établir la proportion des gros, moyens et petits bois dans la composition du peuplement; 3° à déterminer exactement le moment où un arbre doit être abattu quels que soient son âge, son essence ou le milieu où il a crû, et cela en se basant sur son accroissement.

M. Henri Dufour, prof. donne le résultat de mesures faites sur la demande de M. le prof. Forel pour déterminer les qualités spectrales des liquides colorés que M. Forel emploie. Ces liquides, on le sait, sont formés du mélange d'une couleur jaune (chromate neutre de potassium) et d'une couleur bleue (solution ammoniacale de cuivre). On obtient ainsi tous les tons verts du bleu au jaune auxquels correspondent les couleurs des eaux des lacs.

D'après les mesures de M. Dufour les *tons* des deux couleurs extrêmes jaune et bleue, c'est-à-dire leur rang spectral correspondrait pour le jaune à une largeur d'onde de 579

millionnièmes de millimètre, le bleu correspond à 457μ ; un liquide vert formé de 80 °/₀ de bleu et 20 °/₀ de jaune correspond à 487,5μ. M. Dufour décrit les procédés employés pour faire ces mesures. (Voir aux mémoires).

Séance du 4 décembre.

M. F.-A. Forel, prof. Thermométrie des lacs. — M. Guillemin, ing. Influence des poussières cosmiques sur la surface du sol (suivi de deux notes de MM. Ch. Dufour et Eug. Renevier, professeurs). — M. Henri Dufour, prof. Résumé météorologique du mois de novembre. — M. le Dr Schardt. Formation éolienne observée en Valais. — M. Brunner, prof. Synthèse des dichroïnes.

M. F.-A. Forel expose une application de sa méthode de balance thermique des lacs (*Archives*, III, 513, 1880) qui lui permet, par une seule série de sondages thermométriques, à la fin de l'été, de connaître la quantité de chaleur emmagasinée dans l'eau depuis l'hiver précédent. C'est dans les lacs de grande profondeur, dont la température abyssale ne descend pas au-dessous de 4° (lacs de type tropical) ; dans de tels lacs, la température, à la fin de l'hiver, s'est uniformisée, ou, à peu près, dans toute la masse de l'eau.

D'après des sondages effectués en septembre 1889, dans des lacs cisalpins et transalpins, on trouve les chiffres suivants pour la quantité de chaleur accumulée pendant l'été.

	Température abyssale dégrés	Chaleur accumulée par unité de surface de 1 dm². calories	Chaleur accumulée sur la masse totale du lac. mille milliards de calories [1]
Léman	4.7°	3930	227
IV Cantons	4.6	2880	32
Verbano	5.7	6520	140
Lario	6.1	3280	51
Ceresio	5.3	2980	15

La limite de la couche stratifiée thermiquement à la fin de

[1] 10^{12} calories.

l'été, soit la profondeur limite de la variation annuelle, était entre 100 et 120 m. pour le lac des IV Cantons, entre 120 et 150 m. pour les quatre autres lacs.

La comparaison des faits thermiques que présentent les trois lacs de l'Insubrie, qui sont dans des conditions climatériques à peu près semblables, semble indiquer :

1° Que la température abyssale est d'autant plus élevée que le lac est plus profond (ou plus probablement que sa profondeur moyenne est plus grande).

2° Que la chaleur emmagasinée dans le lac pendant la saison chaude est d'autant plus forte, pour l'unité de surface, que le lac est plus étendu et plus agité par les vents, les vagues et les courants.

Un lac est un puissant modérateur du climat. La quantité de chaleur accumulée dans le Léman pendant l'été de 1889 est égale à celle que donnerait la combustion de 31 millions de tonnes de charbon, soit le chargement d'un train de houille de 18 mille kilomètres de longueur, presque aussi long que le méridien de la terre allant d'un pôle à l'autre.— La plus grande partie de cette chaleur est livrée à l'air de la vallée pendant la saison froide, ce qui adoucit nos automnes et nos hivers.

M. Guillemin, ingénieur. Les anneaux de poussières cosmiques qui entouraient l'orbite terrestre dans les anciens temps, ont exercé une grande influence, non seulement sur le climat, mais aussi sur le relief du sol. Ces matériaux cosmiques ont dû, à différentes époques, donner lieu à d'abondantes pluies d'étoiles filantes ou de météorites. La masse de la terre a augmenté, son mouvement de rotation s'est ralenti, la force centrifuge a diminué et avec elle, le renflement équatorial. En d'autres termes, l'ellipsoide terrestre [1] est successivement rapproché de la forme sphérique, qui est le corps présentant le minimum de surface pour un volume donné. En conséquence, la surface a dû nécessairement diminuer. Il est résulté de ce fait des pressions latérales considérables, qui ont ondulé, plissé ou disloqué le sol en donnant lieu à la formation de chaînes de montagnes.

Ces anneaux de poussières cosmiques n'ont probablement

pas atteint l'orbite de Jupiter, ce qui permet de donner la raison de la division des planètes en deux classes : l'une à faible densité et à rotation rapide, l'autre de densité plus forte et à rotation lente. (Voir au bulletin.)

M. Ch. Dufour, de Morges : J'ai été vivement intéressé par les idées que vient d'émettre M. Guillemin.

Cependant, je dois déclarer que ce n'est pas moi qui ai attribué le ralentissement de la vitesse de rotation de la terre à la chute des aérolithes et des étoiles filantes; mais, précédemment, je leur avais attribué l'accélération de la marche de la lune, parce que la chute de ces météorites, en augmentant la masse de la terre, devait augmenter la vitesse de son satellite. Les calculs faits à ce sujet ont été reproduits plusieurs fois, et dernièrement encore dans le Journal du Ciel du 16 juillet 1889. Ce calcul montre que si la densité des météorites est égale à la densité moyenne de la terre, il suffirait qu'ils augmentent le rayon de la terre de 2,45 millimètres par siècle, pour produire, pendant le même temps, une accélération de 1″ sur la marche de la lune.

Et une augmentation de ce rayon de 17 millimètres expliquerait l'accélération séculaire de 7″, ce qui est à peu près la quantité constatée, mais inexpliquée par d'autres causes.

Or les météorites qui tombent sur la terre sont plus nombreux qu'on ne le croyait autrefois; puis la quantité des étoiles filantes est considérable, surtout pendant les pluies d'étoiles qui ont lieu de temps en temps en août et en novembre. Rappelons seulement que le 13 novembre 1833, on a estimé à New-York le nombre des étoiles filantes au double de celui des flocons de neige que l'on voit pendant une forte averse.

Ensuite des beaux travaux de M. Schiaparelli, on sait que ces étoiles sont des débris de queues de comètes; ou si l'on veut des épaves de queues de comètes, c'est-à-dire de la matière pondérable. Je n'ai nulle envie de faire ici des suppositions, comme cependant on en a fait quelquefois sur le poids de chacune de ces étoiles filantes, et de chercher à apprécier le nombre de grammes qu'elles apportent dans notre atmosphère; mais quel que soit le poids de chacune d'elles, il est

certain que le poids de leur ensemble avec le poids des aérolithes n'est pas un infiniment petit. Et soit que cette substance tombe sur la terre en poussière, soit qn'elle reste suspendue dans notre atmosphère, ou bien qu'elle soit entraînée par les eaux au fond des mers, il n'importe, c'est toujours une augmentation de masse pour notre planète; et il est fort possible que ces débris qui tombent en un siècle, correspondent à une augmentation de 17^{mm} du rayon de la terre, ce qui expliquerait 7″ d'accélération sur la marche de la Lune.

J'irai même plus loin. Si cette augmentation de vitesse de notre satellite peut être constatée avec une grande précision et qu'il soit possible de faire avec certitude la part qui peut être attribuée à d'autres causes, comme Laplace l'a recherché; le surplus nous donnerait le moyen le plus exact de déterminer quelle est la masse de la matière cosmique qui pendant ce temps nous est apportée du reste de l'univers, soit par la chute des aérolithes, soit par l'introduction des étoiles filantes dans notre atmosphère.

Quant à la pensée de M. Guillemin, d'attribuer à la chute des météorites le fait que les planètes situées près du Soleil ont une rotation plus lente que les planètes, telles que Jupiter et Saturne, plus éloignees de cet astre; il y a là une idée qui paraît juste. On peut discuter la question de quantité, mais en considérant la longueur des périodes géologiques, il peut se faire que la somme de ces quantités très faibles, si on les prend isolément, finissent par produire des valeurs appréciables comme le pense M. Guillemin.

Plus tard, après la question que m'a adressée M. Henri Dufour sur l'augmentation de la valeur de g et les conséquences qui doivent en résulter pour la marche du pendule j'ai dit :

Il est incontestable que la chute des météorites, en augmentant la masse de la terre, doit augmenter aussi la valeur de g et accélérer la marche du pendule; mais cette accélération est si faible qu'il ne me semble pas qu'elle puisse être constatée par les moyens dont on dispose actuellement, elle est certainement bien plus faible que les autres erreurs, dont malgré tous les soins imaginables, il est impossible de s'affranchir entièrement par l'observation du pendule. Dans

l'état actuel de nos connaissances, je crois que la meilleure manière de constater l'augmentation de la masse de la terre est encore l'observation de la marche de la Lune. Cette marche est observée depuis plus de deux siècles à l'Observatoire de Greenwich avec des soins tels que pour la question qui nous occupe, il ne paraît guère possible d'obtenir une précision supérieure par des observations différentes.

M. Henri Dufour vient de nous dire que plusieurs savants ont émis l'idée que la valeur de g éprouvait peut-être certaines variations périodiques. Je ne le crois pas, car une telle variation se traduirait immédiatement par une variation correspondante dans la marche de la Lune, et l'on ne tarderait pas à s'en apercevoir dans les observatoires où l'on s'occupe spécialement de la marche de cet astre, et cela même quand cette variation serait très faible.

A propos de la communication de M. Guillemin, M. Renevier, prof. fait remarquer à ce dernier que les mouvements du sol ne sont pas aussi spécialisés à certains moments qu'il paraît le croire. Il y en a eu à toutes les époques, et si nous connaissions bien l'orographie de toute la surface du globe, on verrait que ces dislocations ont été à peu près continues, sur un point ou sur un autre. L'idée de M. Guillemin est ingénieuse, mais elle devrait être contrôlée d'une manière plus approfondie, avant qu'on puisse la substituer à l'hypothèse généralement admise de la contraction du globe par refroidissement.

Répondant à une question posée par M. le prof. Odin, M. Renevier dit que l'hypothèse en cours, qui attribua le plissement des couches au refroidissement du globe, repose sur l'idée que les liquides diminuent de volume plus rapidement que les solides, sous l'influence du refroidissement. L'écorce ou *lithosphère*, ayant atteint un certain degré de rigidité, est obligée de se rider pour suivre au mouvement de contraction de l'*endosphère* plus ou moins liquide ou fluide, comme la peau de la pomme se ride, lorsque celle-ci diminue de volume en se desséchant. C'est là l'explication habituelle, dont M. Renevier ne prétend pas d'ailleurs garantir l'exactitude.

M. Henri Dufour donne le résumé météorologique du mois

de novembre 1889. Ce mois a présenté les caractères suivants :

Température 4°,2 au lieu de 4°,5, minimum — 4 le 29, maximum 14, les 1, 4 et 10; baromètre élevé 719mm au lieu de 712,5, les hautes pressions ont dominé pendant ce mois avec régime prédominant des vents du N. et du S.-E. Pluie faible 33mm,5 en 9 jours, la moyenne est 97mm,9 en 13 jours. Temps généralement couvert 75 $^1/_2$ de soleil seulement en 19 jours.

M. Dufour donne quelques détails sur les inversions de la température qui se sont produites pendant ce mois du 19 au 25 novembre en particulier. On constate dans cette période que la température au Säntis est égale ou supérieure à celle de la plaine et cela à *7 h. du matin*, ainsi le 21 novembre. Pendant ce régime de hautes pressions le brouillard s'est abaissé lentement; M. Dufour montre un graphique de cet abaissement lent de la zone des brouillards.

M. le Dr Schardt présente un échantillon de *grès mollassique* renfermant des morceaux d'ambre assez volumineux. Ce grès est exploité dans une carrière près de la source de la Versoix, près Thonon, il est identique au grès des Allinges qui a également fourni de l'ambre.

M. Schardt parle en second lieu d'une formation éolienne observée dans le Bas-Valais, entre Outre-Rhône et Morcles sur le flanc de la vallée au pied des Dents de Morcles. C'est un sable fin micacé qui se trouve dans toute cette région à 200 et 300 mètres au-dessus du fond de la vallée. Dans sa composition, ce sable ressemble à un sablon fin de rivière, tel que le dépose le Rhône sur son bord. Mais l'absence de stratification ne permet en aucune façon de l'assimiler à un dépôt de ce genre. Sa situation sur une pente dès longtemps abandonnée par les eaux du fleuve et sur laquelle ce sable remplit de légers enfoncements, sa nature homogène qui ne varie guère qu'avec la hauteur, ou très insensiblement, le caractérisent absolument comme dépôt formé par le vent. La région de ce gisement est du reste toute propice pour cela. La vallée du Rhône fait un coude brusque un peu en amont de Dorénaz; le vent souvent très violent dans cette

région, subit par ce fait, lorsqu'il descend la vallée, un ralentissement considérable et est rejeté sur le versant nord; de cette manière, le sable qu'il soulève en balayant le flanc desséché de la montagne en dessous de Fully, est déposé sur le gazon qui le retient et ne cesse pas pour cela de végéter; les coquilles des mollusques vivant sur place sont ainsi ensevelies. M. Schardt a constaté : *Cæcilianella* (*Acicula*) *acicula* Mull., *Bulimus quadridens* Mull., *Pupa muscorum* L., *Helix pulchella* Drap., *H. ericetorum* Mull., etc.

M. H. Brunner, prof. informe la Société qu'il a réussi à faire la synthèse des matières colorantes auxquelles il a donné le nom de « dichroïnes » (et dont il a déjà entretenu la Société) en faisant agir le nitroprussiate de sodium et l'acide sulfurique concentré sur les phénols monatomiques et les phénols biatomiques de la série « méta. » Cette synthèse confirme de nouveau ses travaux précédents sur la même matière.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 20 décembre 1889.

A. Pictet et H.-J. Ankersmit. Phénanthridine. — S. Levy et E. Bader. Action de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle. — C. Græbe et L.-W. Weltner. Préparation et réactions du bromanile. — C. Græbe et O. Schulthess. Thioxanthone.

M. A. Pictet décrit une nouvelle base de la série pyridique qu'il a obtenue et étudiée avec M. H.-J. Ankersmit. Ce corps, qui possède la formule $C_{13}H_9N$ et qui est isomérique avec l'acridine et les naphtoquinolines, doit être considéré, d'après son mode de formation, comme du phénanthrène dans lequel un des groupes CH du noyau central serait remplacé par un atome d'azote. Les auteurs lui donnent le nom de *phénanthridine*.

Cette base se forme, à côté d'une série d'autres corps qui seront étudiés plus tard, lorsqu'on fait passer les vapeurs de la benzylidène-aniline à travers un tube chauffé au rouge vif. Il y a élimination de deux atomes d'hydrogène et soudure des noyaux benzéniques, ainsi que le montre l'équation suivante :

CH = N = CH = N + 2H

Benzylidène-aniline. Phénanthridine.

Séparée du produit de l'opération au moyen de son sel de mercure, la phénanthridine se présente sous la forme de fines aiguilles blanches, qui sont très peu solubles dans l'eau, mais se dissolvent facilement dans les acides, l'alcool, l'éther, le benzol, le chloroforme, etc. Les solutions dans l'eau ou les acides possèdent une belle fluorescence bleue.

La phénanthridine fond à 104° et distille sans décomposition au-dessus de 360°. Son odeur est piquante et provoque l'éternuement, quoique à un degré beaucoup moindre que l'acridine. C'est une base tertiaire; elle forme avec les acides des sels jaunes, en général très bien cristallisés; plusieurs d'entre eux ont été préparés et analysés.

On voit que par toutes ses propriétés la nouvelle base se rapproche beaucoup de l'acridine. La différence la plus remarquable entre les deux isomères réside dans la manière dont ils se comportent vis-à-vis des agents réducteurs. On sait que l'acridine fournit par réduction un dérivé dihydrogéné, l'hydroacridine, qui ne possède plus de propriétés basiques. La phénanthridine au contraire est transformée par l'étain et l'acide chlorhydrique en une base secondaire. Cette différence doit être attribuée à la position de l'atome d'azote dans la molécule des deux isomères et vient confirmer la formule indiquée plus haut pour la phénanthridine.

M. S. Levy revient sur un corps de la formule $C_4H_4Cl_3NO_2$, mentionné dans la précédente séance par M. Witte[1]. Ce corps, qui avait été préparé en faisant réagir l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle, avait été d'abord regardé, malgré son manque de coloration, comme un trichloramidodiacétyle, $CHCl_2$-CO-CO-CHCl-NH_2. De nouvelles expériences de MM. Levy et E. Bader ont montré son identité avec l'*amide trichloropropylène-oxycarbonique* que MM. Levy et Curchod ont obtenue en traitant l'amide tétrachloroxyisobutyrique par le carbonate de soude, et qui, d'après ce mode de formation, ne peut avoir que la formule suivante :

[1] *Archives*, XXII, 77.

$$\mathrm{CHCl{-}C}\begin{cases}\mathrm{CONH_2}\\ \mathrm{CHCl_2}\end{cases}\quad(\mathrm{CHCl}\ \text{et}\ \mathrm{C}\ \text{reliés par}\ \mathrm{O})$$

Il y aurait donc dans la réaction de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle une transposition d'atomes analogue à celle qui s'observe dans la transformation du benzile en acide benzilique :

$$\begin{matrix}\mathrm{CHCl_2{-}CO}\\ |\\ \mathrm{CHCl_2{-}CO}\end{matrix} + \mathrm{NH_3} = \begin{matrix}\mathrm{CHCl_2}\\ \mathrm{CHCl_2}\end{matrix}\!\!>\mathrm{COH{-}CONH_2}$$

L'amide tétrachloroxyisobutyrique qui prendrait ainsi naissance se convertirait, par perte d'une molécule d'acide chlorhydrique, en amide trichloropropylène-oxycarbonique. Les auteurs ont du reste constaté que la réaction inverse a lieu lorsqu'on traite ce dernier dérivé par l'acide chlorhydrique.

A côté du corps $C_4H_4Cl_3NO_2$, il se forme dans la réaction de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle une huile lourde, volatile avec les vapeurs d'eau, et dont l'étude a été commencée.

Il résulte des considérations précédentes que le produit de l'action de l'éthylène-diamine sur le tétrachlorodiacétyle ne possède très probablement pas la constitution que lui a attribuée M. Witte, mais qu'il faut lui assigner la formule suivante :

$$\left(\mathrm{CHCl{-}C}\begin{cases}\mathrm{CO{-}NH{-}CH_2{-}}\\ \mathrm{CHCl_2}\end{cases}\quad(\mathrm{CHCl}\ \text{et}\ \mathrm{C}\ \text{reliés par}\ \mathrm{O})\right)_2$$

M. le prof. Græbe rappelle que dans la dernière séance il a décrit une méthode de préparation du chloranile au moyen de la para-phénylène-diamine; il ajoute qu'à son instigation M. L.-W. Weltner s'est occupé de la préparation analogue du *bromanile*, et qu'il s'est arrêté, après de nombreuses expériences, au procédé suivant :

3 gr. de phénylène-diamine sont dissous dans 10 cm. cubes d'acide acétique concentré; à cette solution on ajoute 150 cm. cubes d'eau et 10 cm. cubes de brome, et on abandonne le tout à la température ordinaire pendant deux jours. Il se dépose peu à peu une résine noire et des cristaux jaunes; ceux-ci séparés par filtration, constituent le bromanile presque pur. Quant à la résine, elle peut être également convertie en bromanile par un traitement à l'acide nitrique étendu sur le bain-marie. De cette manière les 3 gr. de phénylène-diamine employés fournissent 5 gr. de bromanile. Celui-ci peut être facilement purifié par cristallisation dans le chloroforme et fond alors un peu au-dessus de 300°.

Les sulfites transforment le bromanile, comme le chloranile, en sulfonates; une solution concentrée de sulfite de potasse fournit le *thiochromate de potassium* ; au moyen du bisulfite on obtient le *disulfonate de la dibromohydroquinone*, $C_6Br_2(OH)_2(SO_3K)_2$.

Le bromanile est converti par le pentabromure de phosphore en hexabromobenzol, et par le pentachlorure de phosphore en hexachlorobenzol.

Le sulfhydrate de potasse dissout facilement le bromanile en transformant en un corps qui est probablement analogue à celui que fournit le chloranile dans les mêmes conditions. Chez ce dernier, ainsi que l'a constaté M. Græbe, un seul atome de chlore est remplacé par le groupe SH, tandis que dans toutes les autres réactions du chloranile il y a généralement élimination de 2 ou de 4 atomes de chlore.

M. Græbe parle ensuite de la *thioxanthone*, découverte il y a quelques années par M. le Dr Ziegler. D'accord avec ce dernier, il a engagé M. O. Schulthess à continuer l'étude de ce corps. Les réactions au moyen desquelles on obtient la thioxanthone sont les suivantes :

Le thiophénol se combine en solution alcaline avec l'acide orthodiazobenzoïque, en fournissant un composé auquel l'analyse assigne la formule

$$C_6H_4\begin{cases} N{=}N{-}S{-}C_6H_5 \\ COOH. \end{cases}$$

Celui-ci est converti par un excès de soude en acide phénylthiosalicylique

$$C_6H_4 \begin{cases} S—C_6H_5 \\ COOH \end{cases}$$

que l'acide sulfurique transforme en thioxanthone

$$C_6H_4 \left\langle \begin{matrix} S \\ CO \end{matrix} \right\rangle C_6H_4.$$

Par oxydation de la thioxanthone on obtient la benzophénone-sulfone

$$C_6H_4 \left\langle \begin{matrix} SO_2 \\ CO \end{matrix} \right\rangle C_6H_4$$

découverte par M. Beckmann, et qui possède un intérêt particulier en raison de son analogie avec l'anthraquinone.

A. P.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 19 décembre 1889.

J.-L. Soret et A. Rilliet. Absorption des rayons ultra-violets par différentes substances. — P. van Berchem. Inégale concentration d'une dissolution gazeuse dont deux parties sont maintenues pendant un temps prolongé à des températures différentes. — Von Ettinghausen et Krasan. Observations sur l'atavisme des plantes. — E. Gautier. Mort de Respighi. — R. Chodat. Classification des Polygalacées. — Græbe. Lampe à microscope. — L. Duparc et Baeff. Échelle pour l'étude du trouble des eaux bourbeuses,

M. J.-L. Soret communique en son nom et au nom de M. Alb. Rilliet une étude *sur l'absorption des rayons ultra-violets par différentes substances* [1].

M. Paul van Berchem complète une communication antérieure qu'avait faite en son nom M. C. Soret sur une étude relative à l'*inégale concentration d'une dissolution gazeuse dont deux parties sont soumises pendant un temps un peu prolongé à des températures différentes* et expose les résultats définitifs qu'il a obtenus dans ces recherches [2].

M. de Candolle montre des échantillons de feuilles très diverses de chêne, prises sur un même arbre. Elles lui ont été envoyées par MM. le baron d'Ettinghausen et Krasan, à l'appui de leurs mémoires publiés dans les *Abhandlungen*

[1] Voir ci-dessus p. 5.
[2] Voir ci-dessus p. 70.

de l'Académie de Vienne et du résumé en français, rédigé par eux pour les *Archives des sciences physiques et naturelles*[1]. On remarque la différence des feuilles quand un chêne a souffert, l'année précédente, de la gelée ou des hannetons. Elles sont alors simples ou peu lobées, et se rapprochent des formes de plusieurs chênes fossiles de l'époque tertiaire.

M. E. Gautier a le regret d'annoncer à ses collègues le décès du prof. Lorenzo Respighi, membre honoraire de la Société depuis 1881.

Respighi, né en 1824, est mort à Rome le 10 décembre courant. Il y occupait la place de directeur de l'Observatoire du Capitole depuis 1865, tout en étant professeur d'astronomie et d'optique à l'Université. Avant d'occuper cette position, il avait enseigné à l'Université de Bologne. Dans ces deux résidences, il avait déployé une activité remarquable, s'étendant à toutes les branches de l'astronomie et de la géodésie, et il laisse de nombreux travaux imprimés surtout dans les publications de l'« Accademia dei Lincei. »

M. R. Chodat, présente une note relative à la *Délimitation des genres dans la famille des Polygalacées*. Bentham et Hooker dans leur Genera Plantarum ont décrit 16 genres de Polygalacées, Polygala, Salomonia, Badiera, Monnina, Muraltia, Mundtia, Comesperma, Bredemeyera, Securidaca, Carpolobia, Phlebotænia, Trigoniastrum, Xanthophyllum, Moutabea, Krameria. M. A.-W. Bennet leur ajoute encore deux autres genres : Ancanthocladus Klotsh et Hualania Philippi. Or deux de ces genres doivent être maintenant définitivement exclus de la famille des Polygalacées : ce sont Krameria et Trigoniastrum. Ni l'un ni l'autre ne possèdent le pollen caractéristique de cette famille si naturelle, leur orientation florale est différente. Comme Grisebach l'a déjà démontré il faut faire des Krameria une petite famille se rattachant aux Légumineuses (Césalpiniées), à cause de leur orientation florale, et de leurs feuilles typiquement compo-

[1] Voyez ci-dessus, p. 76.

sées. Quant à Trigoniastrum ses affinités sont très obscures, il conviendrait cependant de le rattacher aux Vochysiacées par les Trigoniées dont il a la structure florale. En outre Badiera, Phlebotænia et Acanthocladus ne sont pas génériquement distincts de Polygala, ils possèdent en effet la capsule et la structure florale de ce genre si variable. *Salomonia*, au contraire, qui a été réuni à Polygala par M. Baillon, s'en distingue par la suppression d'un verticille d'étamines, par ses fleurs en épis, et ses capsules à la fois loculicides et septifrages. Bredemeyera et Comesperma, ainsi que Hualania, forment un genre unique dont ils ne sont que des sections. En effet, Comesperma ne diffère de Bredemeyera que par son port, ses feuilles beaucoup plus petites, ses inflorescences en grappes et non en panicule, et par le tube staminal subdiadelphe tandis qu'il est submonadelphe chez l'autre.

Le caractère de l'indument des semences indiqué par M. A. W. Bennet n'est pas réel; on peut constater en effet tous les passages entre les graines chevelues sur toute leur surface ou seulement au sommet. C'est pour la même raison qu'il faut réunir à ce genre Hualania de Philippi.

Bentham et Hooker ainsi que M. Bennet considèrent Xanthophyllum et Moutabea comme anormaux. Ils constituent au contraire un type tendant à la régularité florale : leurs 5 pétales sont parfaitement formés. Quoiqu'il en soit ils représentent les deux extrémités de la chaîne des genres polygalacéens, car si Xanthophyllum est le type le plus antholysé, c'est-à-dire celui ou les organes floraux montrent le moins d'adhérence, Moutabea nous montre celui où tous les verticilles à l'exception du gynécée, sont soudés en un tube complet.

Les autres genres se groupent en deux séries, la première représentée par les genres Polygala, Securidaca, Monnina, Bredemeyera, où l'étamine médiane de chaque verticille a été supprimée, c'est-à-dire qui compte 8 étamines normales, la seconde représentée par Muraltia, Mundia (et non Mundtia comme l'écrivent Bentham et Bennet) et Carpolobia, où le verticille extérieur staminal est comme dans la première série, mais où il y a développement de l'étamine

médiane dans la seconde série, avec suppression des deux étamines opposées aux pétales supérieurs.

Diagnoses generum Polygalacearum.

A. Stamina 8; corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa; petala 5, quorum duo lateralia aut desunt aut squamiformia apparent; sepala libera.

Polygala L. Herbæ vel frutices, foliis alternis, oppositis, vel verticillatis. Carina cristata vel nuda. Fructus capsularis, bilocularis, loculicide dehiscens, septo persistente. Semina varia, strophiolata vel non. (Totius orbis terrarum).

Bredemeyera Wildn. Herbæ, vel frutices scandentes, foliis alternis. Carina nuda. Fructus capsularis, bilocularis, loculicide dehiscens, septo persistente, spathulatus, longe basi attenuatus. Semina coma longissima donata (americanæ et australenses).

Securidaca Linn. Suffrutices vel frutices, foliis alternis. Carina nuda vel cristata. Fructus monospermus, indehiscens, siccus, ala sæpe magna e facie ventrali proveniente, samaroïdeus; semen estrophiolatum (americ., afric., asiaticæ).

Monnina Ruiz et Pav. Herbæ vel suffrutices, foliis alternis. Carina ecristata. Fructus siccus, indehiscens, bilocularis, dispermus vel sæpius monospermus, nunc ala membranacea cinctus, nunc exalatus (americanæ).

B. Stamina 4 vel 5, corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa; sepala libera.

Salomonia Lour. Herbæ, foliis alternis. Petala 3, superiora et inferius. Carina ecristata. Fructus capsularis, bilocularis, margine dentatus, loculicide dehiscens, septo transverse fracto ita ut valvæ duæ formentur (asiaticæ).

C. Stamina septem; corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa, petala 5 quorum duo lateralia sæpe desunt; carina cristata vel ecristata; sepala libera.

Muraltia Neck; Herbæ vel suffrutices, foliis fasciculatis, sepala subæqualia. Carina cristata. Petala lateralia desunt. Fructus capsularis, bilocularis, apice sæpissime 4 cornis, loculicide dehiscens (africanæ).

Mundia H. B. K. suffrutices, foliis alternis, coriaceis minimis. Sepala inæqualia, 2 aliformia. Petala lateralia desunt vel squamiformia. Fructus drupaceus, bilocularis, dispermus vel monospermus. Semina nuda (africanæ).

Carpolobia Don. Suffrutices foliis herbaceis, beneevolutis, alternis. Sepala inæqualia, duo aliformia. Petala 5, æquilonga, Fructus drupaceus bilocularis. Semina pilis densissimis, crispulis lanata.

D Stamina 8; petala 5 subæqualia haud in tubum coalita, staminum filamenta haud in tubum concrescentia. Ovarium uniloculare, placentis parietalibus; ovulis in quaque placenta biseriatis. Fructus nucamentaceus, monospermus.

Xanthophyllum Roxb. Arbores vel frutices, foliis alternis coriaceisis, magnis. Discus inter androceum et gynæceum.

E. Stamina 8; sepala, petala (5) ope tubi staminalis in tubum haud fissum coalita. Ovarium ∞ loculare.

Moutabea Aubl. Frutices; antheræ sessiles; stigma capitatum.

Les caractères anatomiques ainsi qu'il ressort de l'examen d'un très grand nombre d'espèces appartenant aux différents genres ne peut servir pour distinguer les genres les uns des autres. Une exception remarquable font Xanthophyllum et Moutabea où le faisceau unique du pétiole devient annulaire tandis qu'il est ouvert chez les autres. Chez Xanthophyllum il se forme à l'intérieur de ce faisceau annulaire des faisceaux secondaires dont l'orientation n'est pas semblable. Les caractères anatomiques différentiels indiqués par M. Vesque dans les Nouveaux Mémoires du Museum ne sont pas constants et sont même loin d'avoir une portée générale.

M. le prof. Græbe décrit une nouvelle lampe à microscope, depuis quelque temps dans le commerce, dans laquelle la lumière de la source, flamme ou autre, entièrement masquée par un tube opaque est conduite sous le porte-objet par une baguette de verre recourbée suivant le principe de l'expérience de M. Colladon sur la transmission de la lumière dans la veine liquide.

M. Duparc en collaboration avec M. Baeff ont eu l'occasion pendant le cours d'un travail sur la nature des eaux de l'Arve de rechercher un procédé rapide pour déterminer l'opacité des eaux de cette rivière. Dans ce but ces Messieurs ont construit une échelle d'opacité composée de 12 termes,

de la manière suivante : 1 gr. de limon lacustre (grand lac) exempt de sable est délayé dans 1 litre d'eau. Une partie de cette solution (100 cent. cubes) est enfermée dans un tube de verre mince de 40 cent. de haut, 1 ½ cent. de diamètre et forme le n° 12 de l'échelle, tandis que le n° 1 est simplement représenté par de l'eau pure contenue dans un tube identique.

Les termes compris entre 12 et 1 sont obtenus par dilution successive de différentes portions de la solution mère (n° 12) convenablement agitée pour la rendre bien homogène. Voici dans leur ordre les termes de cette échelle avec leur teneur correspondante en matériaux en suspension.

N° 12	=	1	gr. p. litre.
11	=	0,8	»
10	=	0,6	»
9	=	0,5	»
8	=	0,4	»
7	=	0,3	»
6	=	0,2	»
5	=	0,1	»
4	=	0,05	»
3	=	0,025	»
2	=	0,01	»
1	=	—	

Cette graduation bien qu'arbitraire est celle qui nous a paru le mieux convenir pour les eaux de l'Arve. Le n° 12 toutefois est peut être un peu faible pour les fortes crues qui roulent des eaux excessivement bourbeuses.

Les différents tubes renfermant ces solutions ont été fermés à la lampe et peuvent fonctionner longtemps, si l'on a soin de les remuer chaque jour pour éviter un tassement de matières au fond du tube.

Pour déterminer l'opacité d'une eau on l'introduit dans un tube semblable à ceux de l'échelle, puis en regardant par transparence à travers celui-ci on cherche de quel terme de l'échelle l'eau en question se rapproche le plus; on lui donne alors comme opacité le chiffre correspondant; si elle est comprise entre deux termes 8 et 9 par exemple; on prendra la moyenne soit 8 ½.

Ce procédé rapide donne, comme on le voit facilement, non pas l'opacité absolue, c'est-à-dire la profondeur à laquelle la lumière pénètre dans l'eau, mais plutôt son degré de limpidité.

Il est évident qu'avant chaque opération il faut avoir soin d'agiter les différents tubes, pour rendre leur contenu homogène.

Séance du 2 janvier 1890.

R. Gautier. Installation d'un anémomètre enregistreur à l'observatoire de Genève. — Rilliet, de la Rive, Sarasin. Analyse de divers travaux.

M. Raoul Gautier signale l'installation toute récente à l'Observatoire d'un nouvel instrument venant compléter l'ensemble des appareils enregistreurs établis depuis quelques années sous la direction de M. le colonel Émile Gautier. Le nouvel instrument est un *anémomètre-enregistreur* sorti des ateliers de la maison Richard frères à Paris et destiné à fournir deux éléments importants en météorologie, la direction et la vitesse du vent.

A cet effet l'appareil se compose d'une girouette et d'un moulinet montés sur un tube de fort diamètre s'élevant à une hauteur de 6 mètres au-dessus du toit de l'Observatoire. La girouette qui suit la direction des courants aériens fait tourner une tige de cuivre placée dans l'intérieur du tube et par son intermédiaire commande les mouvements d'un cylindre portant une feuille de papier, dont l'orientation correspond à chaque instant à celle de la girouette. Par un mécanisme ingénieux un mouvement d'horlogerie descend en 24 heures du haut en bas du cylindre, et une plume qui y est fixée trace sur le papier dont ce cylindre est entouré la courbe exacte des variations que subit la direction du vent.

Le moulinet placé à l'opposite de la girouette est très léger, à ailettes d'aluminium inclinées de façon à ce qu'il fasse un tour pour un espace de 1 mètre parcouru par le vent. Le nombre de tours est mesuré par un compteur placé sur l'axe même autour duquel le moulinet et la girouette

pivotent. Des fils électriques partant de ce compteur sont logés dans le tube portant tout l'appareil, à côté de la tige de laiton. Quand le moulinet a fait 5000 tours, un contact électrique se produit, le courant passe et une deuxième plume portée par le mouvement d'horlogerie dont il a déjà été question vient tracer un trait sur une bande de papier placée parallèlement au cylindre qui donne la direction du vent. Plus le vent est fort, plus le moulinet tourne vite, plus aussi les traits se trouvent rapprochés sur la bande de papier, et leur écartement donne la vitesse du vent. Il suffit de renouveler chaque jour le papier du cylindre et la bande de papier, et l'appareil fournit ainsi des documents obtenus automatiquement des deux quantités cherchées, la direction et la vitesse du vent.

M. A. Rilliet expose en quelques mots les principes que M. Lodge cherche à déduire pour la construction des paratonnerres de ses propres vues et de celles de M. Hertz sur le mouvement de propagation ondulatoire de l'électricité.

M. L. de la Rive rappelle l'importance donnée par Lagrange, dans la Mécanique analytique, au principe désigné par *principe de la poulie*, que l'auteur pense pouvoir servir de base au principe des vitesses virtuelles. Cette manière de concevoir l'origine de la notion d'équilibre a de l'intérêt, venant de Lagrange dont les vues sont restées ce que la science de la mécanique a de mieux fondé, et sont en particulier le point de départ de la théorie de Maxwell sur l'électricité dynamique.

M. Sarasin rend compte d'un travail de M. Sohncke sur l'électricité atmosphérique et les orages publié récemment dans le journal *Himmel und Erde* paraissant à Berlin sous la direction de notre ancien collègue M. Wilh. Meyer.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1889

Le 1er, forte bise jusqu'à 4 h. du soir et à 9 h. du soir.
2, brouillard pendant tout le jour, forte bise depuis 7 h. du soir.
3, 4, 5, 6, 7 et 8, brouillard continu.
7, légère neige à 10 h. du matin.
9, brouillard jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.
10, lègère neige dans la nuit; brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
11, bruine à 7 h. du matin; la pluie lui succède.
12, forte gelée blanche le matin; forte bise à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.
14, brouillard dans la journée.
16, gelée blanche le matin; brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
17 et 18, brouillard continu.
19 et 20, brouillard enveloppant avec givre.
21, légère chute de grésil à 7 h. du matin; brouillard à 10 h. du matin.
22, très forte gelée blanche le matin; brouillard jusqu'à 7 h. du soir, auquel succède la pluie.
23, brouillard bas à 7 h. du soir.
24, très forte gelée blanche le matin; brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin; pluie depuis 5 h. du soir.
25, quelques flocons de neige à 7 h. 30 du matin; forte bise depuis 7 h. du soir.
27, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir; neige à 10 h. du matin; forte bise à 7 h. du soir.
28, brouillard pendant tout le jour.
29, brouillard jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.
30 et 31, brouillard continu.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin	735,17
8 à 10 h. soir	733,12
13 à 10 h. matin	730,46
17 à 11 h. soir	741,18
21 à 9 h. soir	731,76
23 à 8 h. soir	732,94
25 à 11 h. matin	734,88
31 à 10 h. matin	735,60

MINIMUM.	mm
Le 8 à 1 h. matin	729,00
11 à 5 h. matin	714,65
14 à 5 h. matin	726,37
21 à 5 h. matin	728,50
23 à 4 h. matin	728,53
24 à 6 h. soir	729,64
28 à 5 h. matin	728,62

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	730,98	+ 4,24	727,77	734,80	— 2,22	— 4,47	— 6,0	— 0,3	840	— 10	710	940	...	...	NNE. 2	0,80	...	.....	141,0
2	734,64	+ 7,86	734,25	735,17	— 3,20	— 5,32	— 4,9	— 2,0	799	— 52	680	960	...	...	NNE. 1	1,00	7,3	—0,5	139,0
3	733,98	+ 7,16	733,60	734,35	— 4,34	— 6,34	— 5,2	— 3,0	755	— 97	670	860	...	...	N. 1	1,00	5,5	—2,2	138,7
4	734,01	+ 7,15	733,43	734,44	— 4,05	— 5,93	— 5,2	— 3,2	797	— 55	740	860	...	...	NNW. 1	1,00	5,0	—2,6	137,5
5	733,87	+ 6,97	733,42	734,31	— 2,89	— 4,65	— 4,8	— 1,8	770	— 83	740	800	...	...	NE. 1	1,00	5,0	—2,5	136,7
6	732,54	+ 5,60	731,79	733,85	— 2,47	— 4,12	— 3,4	— 1,6	749	—105	710	790	...	...	E. 1	1,00	5,3	—2,1	137,0
7	730,17	+ 3,19	729,06	731,63	— 3,09	— 4,63	— 3,9	— 2,2	771	— 83	710	830	...	...	variable	1,00	5,2	—2,1	135,7
8	730,99	+ 3,97	729,00	733,12	— 3,82	— 5,25	— 5,1	— 3,0	713	—142	660	770	...	...	NNE. 1	1,00	...	.....	135,0
9	731,19	+ 4,13	728,79	732,58	— 4,81	— 6,13	— 6,3	— 3,2	760	— 96	680	840	...	...	ESE. 1	0,92	4,9	—2,2	133,5
10	723,26	— 3,84	717,98	728,17	— 0,01	— 1,23	— 5,4	+ 4,3	744	—112	700	840	0,1	...	WSW. 1	1,00	5,5	—1,6	132,2
11	717,64	— 9,50	714,65	721,68	+ 4,19	+ 3,07	+ 1,4	+ 6,2	765	— 92	640	870	7,4	11	SSW. 1	0,98	5,7	—1,3	132,3
12	725,43	— 1,75	721,95	728,43	+ 1,65	+ 0,63	— 1,3	+ 4,8	727	—131	480	930	...	...	N. 1	0,62	6,0	—0,9	133,3
13	728,98	+ 1,76	727,38	730,46	+ 0,79	— 0,14	— 0,9	+ 2,5	715	—143	640	800	...	...	variable	1,00	5,8	—1,0	130,0
14	728,07	+ 0,81	726,37	730,65	— 0,90	— 1,74	— 3,0	+ 0,6	765	— 94	680	820	...	...	E. 1	1,00	5,8	—0,9	132,6
15	733,14	+ 5,84	730,67	735,46	— 1,44	— 2,19	— 3,0	— 0,1	754	—105	680	840	...	...	ENE. 1	0,95	...	.....	131,0
16	737,18	+ 9,84	735,31	738,60	— 1,52	— 2,19	— 6,3	+ 2,4	725	—135	560	840	...	...	NNE. 1	0,28	5,2	—1,3	136,0
17	739,92	+12,55	738,66	741,18	— 2,54	— 3,13	— 5,3	— 0,9	770	— 90	700	810	...	...	E. 1	1,00	5,0	—1,5	134,8
18	739,10	+11,69	737,29	740,93	— 3,38	— 3,89	— 4,3	— 1,9	809	— 52	720	910	...	...	variable	1,00	4,9	—1,5	134,5
19	735,54	+ 8,09	733,40	737,12	— 3,75	— 4,19	— 5,3	— 2,9	935	+ 74	930	960	...	...	SW. 1	1,00	5,0	—1,3	130,0
20	730,19	+ 2,71	728,60	733,07	— 3,35	— 3,72	— 5,2	— 1,0	941	+ 79	920	960	...	...	E. 1	0,97	5,1	—1,1	130,5
21	730,40	+ 2,88	728,50	731,76	— 0,45	— 0,75	— 6,3	+ 7,0	836	— 26	570	920	0,2	...	S. 1	0,47	5,0	—1,2	129,0
22	730,66	+ 3,10	729,43	731,47	— 0,04	— 0,28	— 5,0	+ 3,5	779	— 84	570	930	3,0	4	S. 1	1,00	...	.....	128,0
23	730,83	+ 3,24	728,53	732,94	+ 3,88	+ 3,70	+ 0,4	+ 9,2	836	— 27	700	910	1,7	2	SSW. 1	0,53	5,4	—0,6	127,2
24	731,41	+ 3,79	729,64	732,28	+ 1,48	+ 1,36	— 3,1	+ 6,5	881	+ 18	700	960	15,4	7	SSW. 1	0,83	5,9	—0,1	131,0
25	733,88	+ 6,23	732,52	734,88	+ 2,66	+ 2,59	+ 0,6	+ 4,7	732	—132	480	950	...	...	NNE. 1	0,67	...	.....	132,0
26	733,85	+ 6,17	732,95	734,79	+ 1,98	+ 1,96	— 0,9	+ 3,8	708	—156	620	780	...	...	NE. 1	0,98	5,6	—0,2	132,5
27	730,13	+ 2,42	729,11	732,46	— 0,11	— 0,08	— 1,3	+ 1,2	799	— 65	730	950	0,4	2	NNE. 1	1,00	5,5	—0,3	132,2
28	729,53	+ 1,80	728,62	731,09	— 1,11	— 1,04	— 2,9	— 0,1	776	— 89	720	870	...	...	variable	0,98	5,4	—0,3	132,1
29	731,54	+ 3,78	730,46	733,36	— 1,42	— 1,31	— 3,2	+ 0,4	867	+ 2	810	910	...	...	S. 0	0,88	...	.....	132,0
30	732,31	+ 4,53	731,48	733,41	— 0,43	— 0,28	— 3,1	+ 0,8	805	— 60	760	860	...	...	variable	1,00	5,2	—0,4	131,0
31	734,10	+ 6,30	732,83	735,60	— 0,20	— 0,02	— 1,1	+ 0,4	793	— 72	760	820	...	...	NNE. 1	1,00	5,0	—0,5	130,9
Mois	731,60	+ 3,64			— 1,13	— 1,93			788	— 77						0,90	5,41	—1,20	133,20

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1889.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	731,88	731,66	731,78	732,05	731,36	731,26	731,31	731,19
2e »	730,88	730,85	731,32	732,02	731,24	731,39	732,10	732,35
3e »	731,47	731,36	731,61	732,23	731,47	731,51	731,83	732,08
Mois	731,41	731,29	731,57	732,10	731,36	731,39	731,75	731,88

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 3,38	— 3,90	— 3,68	— 3,32	— 2,10	— 2,40	— 2,98	— 2,97
2e »	— 1,05	— 2,02	— 2,24	— 1,18	+ 0,16	— 0,04	— 0,51	— 1,33
3e »	— 0,49	— 0,74	— 0,44	+ 0,65	+ 2,59	+ 2,14	+ 0,95	— 0,13
Mois	— 1,60	— 2,17	— 2,06	— 1,22	+ 0,30	— 0,03	— 0,79	— 1,43

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	806	809	814	729	708	735	784	773
2e »	806	839	836	791	738	731	782	802
3e »	865	865	858	797	695	717	784	828
Mois	827	838	837	773	713	727	783	802

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	— 5,02	— 1,60	+ 5,46	0,97	0,1	136,63
2e »	— 3,32	+ 0,97	+ 5,39	0,88	7,4	132,50
3e »	— 2,35	+ 3,40	+ 5,37	0,85	20,7	130,72
Mois	— 3,53	+ 1,00	+ 5,41	0,90	28,2	133,20

Dans ce mois l'air a été calme 3,2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 61°,2, E. et son intensité est égale à 33,5 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1889.

Le 1er, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.

10, légère neige à 7 h. du matin; brouillard depuis 10 h. du soir.

11, brouillard jusqu'à 1 h. du soir et à 7 h. du soir; neige à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir.

12, brouillard pendant tout le jour.

20, fort vent depuis 7 h. du soir.

21, légère neige à 1 h. du soir, brouillard à 4 h. du soir.

23, légère neige à 7 h. du matin; brouillard de 10 h. du matin à 4 h. du soir.

24, neige depuis 10 h. du soir.

25, neige jusqu'à 1 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir; très forte bise jusqu'à 7 h. du soir.

27, brouillard jusqu'à 1 h. du soir; très fort vent depuis 10 h. du matin.

28, fort vent jusqu'à 4 h. du soir; neige jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.

29, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; neige de 1 h. à 7 h. du soir; fort vent à 4 h. du soir,

30, neige pendant tout le jour.

31, fort vent à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM

	mm
Le 4 à 11 h. matin	565,40
9 à 10 h. matin	561,88
13 à 11 h. matin	562,20
18 à 1 h. matin	573,55
24 à 10 h. matin	566,48
26 à 9 h. matin	566,50
31 à 11 h. matin	567,55

MINIMUM.

	mm
Le 7 à 6 h. soir	558,05
11 à 2 h. soir	554,00
14 à 8 h. matin	559,40
21 à 6 h. matin	562,07
25 à 1 h. soir	563,27
28 à 5 h. matin	562,07

SAINT-BERNARD. — DECEMBRE 1889.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	559,47	— 2,48	556,20	562,75	—17,40	—10,68	—19,8	—13,4	.....	.....	....	NE. 1	0,17
2	563,19	+ 1,26	562,90	563,70	—13,40	— 6,60	—18,0	—10,5	.....	.....	....	NE. 1	0,00
3	564,27	+ 2,36	563,60	564,60	— 6,36	+ 0,52	—10,6	— 2,6	.....	.....	....	SW. 1	0,00
4	564,76	+ 2,87	564,33	565,40	— 7,78	— 0,82	—12,1	— 5,0	.....	.....	....	SW. 1	0,00
5	564,28	+ 2,41	564,01	564,70	—11,21	— 4,17	—14,2	— 9,6	.....	.....	....	SW. 1	0,25
6	561,77	— 0,08	560,53	564,00	—13,18	— 6,06	—15,2	—10,4	.....	.....	....	NE. 1	0,00
7	558,95	— 2,87	558,05	560,75	—13,30	— 6,09	—15,0	—11,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
8	559,52	— 2,28	558,28	561,05	—13,25	— 5,96	—14,6	—10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
9	561,31	— 0,47	561,00	561,88	— 9,35	— 1,98	—13,3	— 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0,17
10	558,78	— 2,98	557,08	561,04	— 5,08	+ 2,36	—10,2	— 2,8	.....	.....	....	NE. 1	0,70
11	554,86	— 6,88	554,00	556,95	— 9,66	— 2,15	—12,6	— 7,8	90	7,0	....	NE. 1	1,00
12	557,51	— 4,21	555,65	559,70	—12,60	— 5,02	—14,0	— 9,9	.....	.....	....	NE. 1	1,00
13	561,16	— 0,54	559,83	562,20	— 9,16	— 1,51	—14,0	— 6,4	.....	.....	....	NE. 1	0,22
14	560,55	— 1,13	559,40	561,90	—12,33	— 4,61	—13,8	—10,6	.....	.....	....	NE. 1	0,02
15	562,88	+ 1,22	561,70	564,97	—10,58	— 2,80	—13,3	— 8,5	.....	.....	....	NE. 1	0,00
16	566,52	+ 4,88	564,95	568,07	—10,76	— 2,92	—13,4	— 8,4	.....	.....	....	NE. 1	0,00
17	570,64	+ 9,01	568,20	573,29	— 3,91	+ 3,99	— 9,8	0,0	.....	.....	....	SW. 1	0,00
18	572,65	+11,04	572,01	573,55	— 0,46	+ 7,50	— 2,5	+ 3,1	.....	.....	....	variable	0,02
19	570,25	+ 8,66	569,28	572,00	— 1,38	+ 6,64	— 2,5	+ 1,2	.....	.....	....	SW. 1	0,10
20	565,66	+ 4,09	563,52	569,00	— 3,98	+ 4,10	— 6,8	0,0	.....	.....	....	SW. 1	0,07
21	562,65	+ 1,09	562,07	563,50	—11,76	— 3,63	—13,4	— 8,8	.....	.....	....	NE. 1	0,33
22	564,13	+ 2,58	563,36	564,58	— 6,35	+ 1,83	—12,6	— 3,5	.....	.....	....	NE. 1	0,33
23	564,87	+ 3,34	564,00	566,04	— 6,86	+ 1,37	— 9,4	— 3,6	.....	.....	....	NE. 1	0,67
24	565,68	+ 4,17	564,60	566,48	— 4,46	+ 3,82	— 8,5	— 1,0	.....	.....	....	SW. 1	0,37
25	564,00	+ 2,51	563,27	565,35	—12,60	— 4,27	—13,7	—10,0	160	12,5	....	NE. 2	0,87
26	565,64	+ 4,17	564,70	566,50	— 9,86	— 1,49	—13,6	— 7,8	.....	.....	....	SW. 1	0,02
27	563,02	+ 1,56	562,40	564,45	—12,60	— 4,19	—13,2	—11,3	.....	.....	....	SW. 3	0,73
28	563,02	+ 1,58	562,07	563,72	—10,66	— 2,21	—12,8	— 9,6	180	5,5	....	SW. 2	0,75
29	564,04	+ 2,59	563,40	564,91	—11,03	— 2,54	—12,4	— 8,0	100	2,2	....	SW. 1	0,83
30	564,13	+ 2,73	563,52	565,00	— 9,56	— 1,03	—12,2	— 7,9	180	6,3	....	SW. 1	1,00
31	566,80	+ 5,42	565,15	567,55	— 8,40	+ 0,17	— 9,0	— 5,3	.....	.....	....	SW. 1	0,75
Mois.	563,45	+ 1,13			— 9,33	— 1,74							0,33

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1889.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,70	561,49	561,43	561,83	561,53	561,58	561,72	561,76
2e » ...	564,20	563,94	563,93	564,38	563,96	564,20	564,67	564,85
3e » ...	564,20	564,09	564,18	564,52	564,19	564,42	564,57	564,69
Mois	563,39	563,21	563,22	563,60	563,26	563,43	563,68	563,80

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	—11,97	—10,65	— 8,90	—10,74	—11,45	—11,39
2e » ...	— 7,97	— 7,10	— 5,64	— 7,41	— 7,86	— 7,84
3e » ...	— 9,61	— 8,76	— 8,19	— 9,48	— 9,80	— 9,88
Mois	— 9,84	— 8,84	— 7,60	— 9,22	— 9,71	— 9,71

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	—14,30	— 8,15	0,13	—	—
2e » ...	—10,27	— 4,73	0,24	7,0	90
3e » ...	—11,89	— 6,98	0,60	26,5	620
Mois	—12,15	— 6,63	0,33	33,5	710

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,12 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 6,8 sur 100.

SUR LA RÉSONANCE MULTIPLE

DES

ONDULATIONS ÉLECTRIQUES DE M. HERTZ

SE PROPAGEANT LE LONG DE FILS CONDUCTEURS

PAR

MM. Ed. SARASIN et L. DE LA RIVE

I. Indications générales[1].

On sait que les oscillations électriques rapides, découvertes et étudiées par M. Hertz, constituent un état oscillatoire du champ électromagnétique qui donne lieu à des actions inductrices d'une intensité remarquable. Les effets de la force électromotrice développée dans le milieu ambiant sont tels qu'ils impliquent la propagation

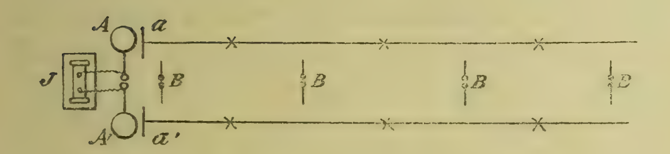
[1] Nous avons communiqué nos premiers résultats sur la résonance multiple des ondulations électriques le 5 septembre à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève (*Archives des sciences phys. et nat.*, 1889, t. XXII, p. 283) et à la Section de physique de la Société helvétique des sciences naturelles à Lugano le 10 septembre 1889 (ibid., t. XXII, p. 363).

d'une onde ayant l'oscillateur pour origine axiale, et peuvent être constatés à plusieurs mètres de distance par l'étincelle obtenue dans un circuit conducteur discontinu. La forme circulaire donnée au circuit secondaire, ou résonateur, forme à laquelle M. Hertz a été immédiatement conduit par ses premières recherches, est d'une grande importance. En effet, un secondaire non refermé sur lui-même, semblable à l'oscillateur, c'est-à-dire consistant en un conducteur reliant deux capacités, donne des effets où nous n'avons pas réussi à observer les alternatives d'intensité qui sont l'élément essentiel servant de base aux considérations théoriques.

Indépendamment de l'action directe, M. Hertz a trouvé que l'état oscillatoire se propage, en conservant une intensité à peu près constante, le long d'un conducteur filiforme, lorsque celui-ci est mis en communication par une extrémité avec une plaque métallique, placée elle-même à quelques centimètres d'une des capacités de l'oscillateur, tandis que l'autre extrémité reste isolée. Si deux fils parallèles sont ainsi tendus dans le plan horizontal du primaire et à partir de deux plaques symétriquement placées en regard des deux capacités, boules ou plaques, et dans une direction perpendiculaire à l'axe de l'oscillateur, il s'y produit une ondulation électrique continue se propageant à partir des plaques. L'onde se réfléchit à l'extrémité libre des fils, par un phénomène analogue à la réflexion de l'onde sonore dans un tuyau ouvert, et donne lieu à des effets d'interférence. Il s'établit un système nodal fixe dont M. Hertz a constaté l'existence par la variation d'action inductrice sur le résonateur, porté le long des fils dans l'intervalle qui les sépare, et de manière à ce que le plan du cercle reste

toujours normal aux fils. Cette expérience se trouve décrite et commentée dans l'exposé publié par les *Archives*[1] où M. Hertz a résumé lui-même ses recherches. La figure 1 que nous reproduisons montre la disposition

Fig. 1.



respective de l'inducteur J, de l'oscillateur A, des fils a, a', et du résonateur B dans ses positions successives. Le phénomène d'interférence, avec sa caractéristique de minima successifs, indépendants du sens dans lequel se propage l'action, laisse peu de doute sur la nature ondulatoire de la force électromotrice, et la distance des nœuds permet d'évaluer la longueur d'onde.

Le présent travail se rapporte à cet effet spécial des oscillations rapides. Les résultats obtenus confirment, de la manière pour nous la plus catégorique, l'existence des minima successifs de force électromotrice le long des fils où l'action se propage. D'autre part, un point d'une assez grande importance paraît bien établi par nos observations, à savoir qu'un système nodal défini par une certaine distance fixe entre deux nœuds successifs, accompagne invariablement l'usage d'un certain

[1] *Archives des Sciences physiques et naturelles*, n° 4. Avril 1889, t. XXI, p. 281.

résonateur. Ainsi, tandis qu'un cercle de 75 cm. de diamètre donne un internœud de 3 m., un cercle de 50 cm. de diamètre donne un internœud de 2 m. et un cercle de 35 cm. de diamètre un internœud de 1 m. 50. Cette relation constante entre le système nodal et le résonateur est indépendante de l'oscillateur qu'on emploie. Il importe de remarquer qu'il ne s'agit, dans nos recherches, que d'expériences qualitatives et non quantitatives. L'intensité relative avec laquelle la force électromotrice correspondant à un certain système nodal se produit n'est pas évaluée. D'autre part il est probable qu'un certain système nodal prédomine pour une certaine dimension du primaire et il ne faut pas conclure de nos résultats que les dimensions de l'oscillateur sont sans influence sur la longueur d'onde de l'oscillation principale dans les fils.

II. Appareils.

Inducteur. L'inducteur est une grande bobine de Ruhmkorff[1] de 56 cm. de long et de 23 cm. de diamètre, avec interrupteur à mercure. Elle est mise en action par le courant à peu près continu d'une machine magnéto-électrique. La tension des pôles permet d'obtenir entre les pointes de deux fils une étincelle de 25 cm. de long. L'interrupteur est réglé de manière à donner environ six décharges par seconde.

[1] M. le prof Ch. Soret a bien voulu mettre à notre disposition cet appareil appartenant au cabinet de physique de l'Université, nous lui exprimons ici notre bien sincère reconnaissance.

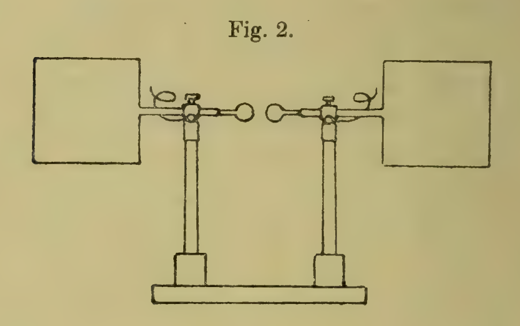
Oscillateur. L'oscillateur ou conducteur primaire est l'appareil qui, mis en communication avec l'inducteur détermine la production de l'oscillation électrique primaire. Nous en employons deux présentant des différences de forme et de dimension.

Le grand primaire qui se trouve représenté en projection dans la figure 1 se compose de deux parties identiques, consistant chacune en une tige de laiton massive de 6^{mm} de diamètre et de 60 centimètres de long, portant à une extrémité une boule de laiton pleine de 4 centimètres de diamètre et s'introduisant par l'autre extrémité à frottement juste dans la sphère qui sert de capacité. Celle-ci est une sphère creuse de zinc de 30 centimètres de diamètre avec tubulure métallique intérieure assurant le contact avec la tige. La sphère est portée sur une tige cylindrique de verre s'emmanchant par sa partie inférieure dans un pied en bois. Les deux fils conducteurs, venant des pôles de l'inducteur, sont fixés quelquefois par simple enroulement sur les tiges près des boules de laiton, plus souvent sont introduits dans les tubulures externes des sphères capacités. Le même appareil peut être modifié en substituant aux sphères de zinc deux plaques de laiton carrées de 40 centimètres de côté et 2 mm. d'épaisseur.

Lorsque les deux petites boules de laiton poli entre lesquelles se produit l'étincelle primaire sont pleines elles ont l'inconvénient de ne s'échauffer que lentement, d'où résulte, pensons-nous, le fait observé souvent que les effets ne deviennent intenses qu'après une période préliminaire peu satisfaisante. A la fin de nos recherches, nous avons, à cause de cela, remplacé les boules pleines par les boules creuses de l'appareil décrit en second lieu.

Le petit primaire représenté dans la figure 2 est monté sur deux pieds de verre fixés à un seul support en bois et qui portent chacun une tubulure métallique avec une vis de pression. Dans la tubulure glisse une

Fig. 2.



tige horizontale laquelle est un tube de laiton, de 12 cm. de long et de 6 mm. de diamètre, soudé par son extrémité externe à une plaque mince de laiton carrée de 20 cm. de côté. A l'extrémité interne une tige pleine portant une boule de laiton creuse de 3 cm. de diamètre entre à frottement juste dans le tube. Cette disposition permet de rapprocher à volonté les deux boules entre lesquelles se produit l'étincelle. Les deux moitiés de l'appareil sont, comme on le voit, symétriques de tout point. Les conducteurs venant de l'inducteur se fixent par deux vis de pression dans les tubulures métalliques surmontant les pieds de verre.

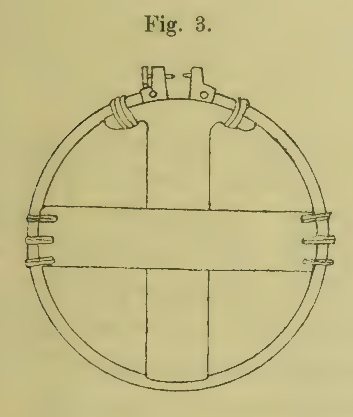
On peut substituer aux tiges de cet oscillateur d'autres plus longues, et aux plaques de 20 cm. des plaques également carrées de 30 cm. de côté.

Résonateur. Le résonateur ou conducteur secondaire est l'appareil dans lequel l'action inductrice est constatée

par une étincelle. Nous employons des cercles de différents diamètres et un secondaire rectiligne.

Le cercle de 36 cm. de diamètre[1] est représenté dans la figure 3. Un conducteur cylindrique en cuivre de 1 cm. de diamètre, et ployé en cercle, présente une interruption que nous désignons par le *micromètre;* aux deux extrémités du conducteur sont soudées deux pièces de laiton, dépassant un peu sa section, portant, l'une une protubérance hémisphérique ou pointe émoussée, et l'autre une vis micrométrique dont la pointe peut venir en contact avec la surface opposée.

Fig. 3.



Une pièce de bois en forme de croix supporte le conducteur circulaire qui est fixé sur les traverses, un peu évidées, par de la ficelle de chanvre. Vers la partie cor-

[1] Ce résonateur est celui que nous donnons plus haut comme ayant un diamètre de 35 cm., les nombres 75, 50 et 35 étant plus propres à laisser une idée nette au lecteur. Les diamètres consignés ici pour ce cercle et les suivants sont ceux de la circonférence moyenne du conducteur.

respondant au micromètre le support est, comme on le voit, évasé de manière à maintenir les deux extrémités du conducteur dans leurs positions respectives. Ce cercle est le seul dont la vis soit une vis micrométrique avec des divisions tracées sur la tête de la vis. La circonférence est divisée en 25 parties égales dont chacune équivaut à un cinquantième de millimètre parce que le pas de la vis est d'un demi-millimètre. Une petite lame de métal qui n'est pas représentée, fixée sur l'écrou de la vis, sert de point de repère pour les mesures micrométriques.

Le cercle de 50 cm. de diamètre est semblable au précédent; le diamètre du conducteur est moindre, environ 6 mm. La vis a le même pas, mais ne porte pas de divisions.

Le cercle de 75 cm. de diamètre est semblable aux deux autres. Le diamètre du conducteur est 1 cm. comme pour le premier et ce conducteur est massif, ce qui est aussi le cas pour les deux premiers.

Le cercle de 1^m de diamètre ne diffère des précédents que par le fait que le conducteur dont le diamètre est 1 cm. est un tube de cuivre, au lieu d'être massif, ce qui le rend d'un maniement plus commode.

Le cercle de 26 cm. de diamètre est un fil de cuivre de 2 mm. de diamètre, enroulé sur une circonférence faite d'une planchette mince, et muni d'un micromètre semblable aux précédents.

Les dimensions données sont celles du diamètre moyen du conducteur.

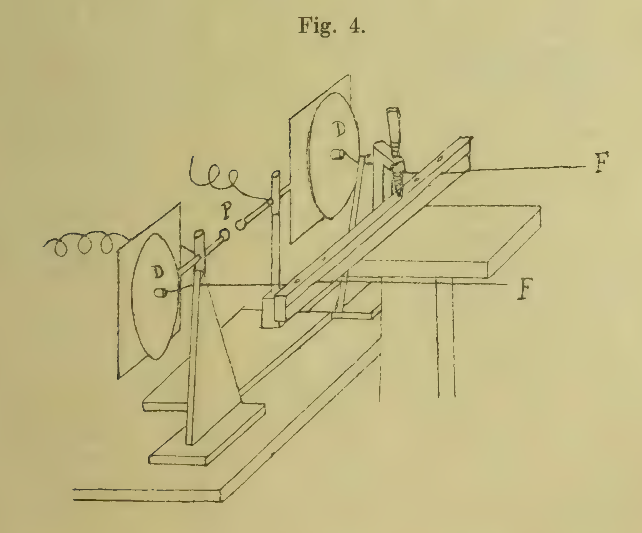
Le secondaire rectiligne se compose de deux tiges de laiton de 40 cm. de longueur chacune, placées dans le prolongement l'une de l'autre, et dont les extrémités en

regard sont en contact avec les deux plaques d'un micromètre semblable à celui des cercles. Deux plaques métalliques de 10 cm. de côté enroulées en tubulures par l'un de leurs bords, peuvent glisser le long des tiges et servir de capacités.

Ajoutons que dans la construction des secondaires, l'isolation par d'autres substances que du bois n'est pas nécessaire, et qu'après nous être servi de caoutchouc durci pour la monture de certains cercles, nous l'avons remplacé par le bois, préférant ne pas introduire d'isolant spécial dont l'influence pouvait donner lieu à des perturbations.

Disposition des fils et des appareils. Deux fils de cuivre

Fig. 4.



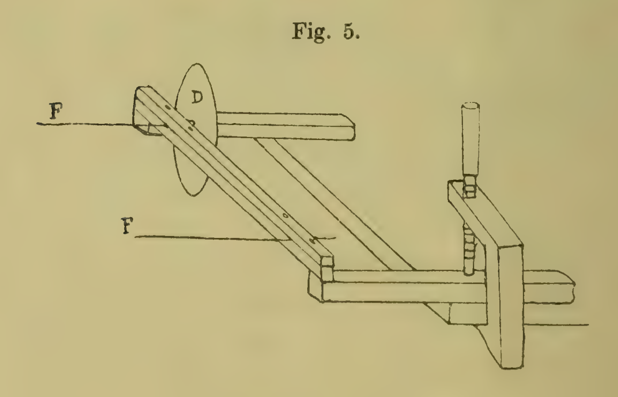
ayant un diamètre de 1,8 mm. et une longueur de 10,60 m. sont tendus parallèlement, avec un écartement qui peut varier, suivant les conditions des expériences,

entre 45 cm. et 1 m. Ils sont maintenus près de leurs extrémités par deux pinces de bois, formées chacune de deux lattes serrées par des vis l'une contre l'autre et entre lesquelles les fils désignés par F dans la figure 4 sont insérés.

Cette figure représente l'extrémité des fils voisine du primaire. Ils se prolongent au delà de la double traverse de bois qui les maintient et se terminent à deux disques de laiton D de 24 cm. de diamètre auxquels ils sont fixés par des pinces soudées à leur centre sur leur face extérieure ; ils sont supportés par deux pieds triangulaires en bois. Les disques D sont verticaux et placés en regard respectivement des plaques du primaire P. Le primaire est placé sur une table et la traverse maintenant les fils est arrêtée par des presses à vis sur un support spécial fixé contre cette table.

La figure 5 représente l'autre extrémité des fils F. Ils

Fig. 5.

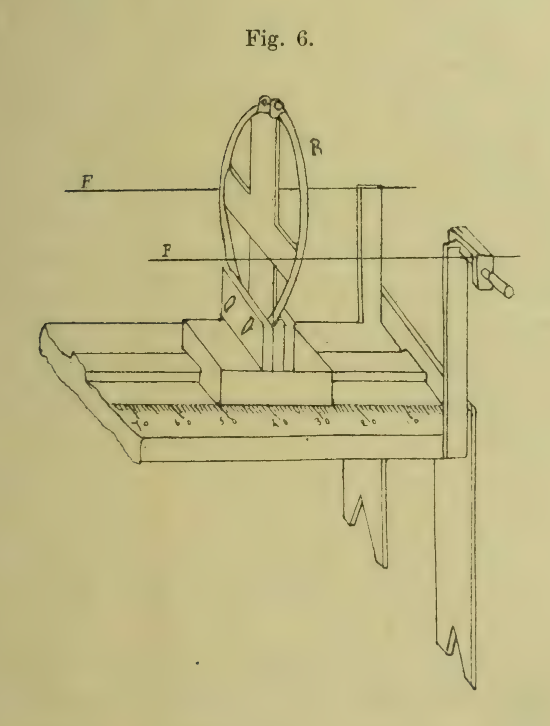


sont également insérés dans une double traverse en bois disposée comme la première et celle-ci est maintenue par des presses à vis sur une console fixée à la muraille.

Dans la figure l'un des fils se termine par un disque de laiton D, tandis que l'extrémité de l'autre est libre. On verra que l'adjonction des disques à l'extrémité donne lieu à une modification des résultats. Quand on expérimente, les deux fils sont ou tous les deux libres ou tous les deux munis d'un disque.

C'est entre les deux extrémités et dans une position qui varie suivant les points des fils à explorer que se

Fig. 6.



trouve l'appareil que nous désignons par *banc de mesure* le long duquel on déplace le résonateur. La partie du banc qui est représentée dans la figure 6 est l'extrémité

la plus éloignée du primaire. Sur une planche de 40 cm. de largeur et de 4,23 m. de longueur est fixée longitudinalement, et à égale distance des deux bords, une pièce de bois de forme rectangulaire, sorte de rail servant à guider le chariot à coulisse sur lequel est assujetti le résonateur R. Des montants disposés aux deux bouts du banc servent à maintenir les fils F; des presses à vis serrées sur les montants, comme le montre la figure, et dans l'intérieur desquelles passe le fil, sont employées à cet effet. Le résonateur, placé verticalement et dans un plan transversal par rapport aux fils, est assujetti au chariot par une planchette mobile qui le serre contre une planchette fixe au moyen de deux vis en fer dont on voit les têtes. Une graduation en centimètres est tracée le long de la ligne que parcourt le bord du chariot. Le banc est supporté par des pieds à ses deux bouts, et peut être aisément transporté d'une place à l'autre le long des fils qui restent fixes. Pour chaque position du banc, on mesure la distance entre le zéro de la graduation, qui se trouve à l'extrémité représentée dans la figure, et l'extrémité des fils.

III. Manière d'effectuer les mesures.

Les résultats numériques qu'on trouvera plus loin consistent uniquement dans la mesure des distances, comptées à partir de l'extrémité des fils, des points ou plutôt des plans transversaux où l'étincelle du résonateur passe par un minimum d'intensité. Les appareils étant disposés comme on l'a indiqué, on fait marcher

l'inducteur, et les fils, ainsi que les disques qui les terminent, offrent des signes de tension électrique correspondant à ceux des capacités du primaire, mais beaucoup moins intenses. La longueur de l'étincelle primaire est de 7 à 9 mm. En touchant avec la main les fils sur un point quelconque on sent un léger picotement, et cette sensation est accompagnée d'un faible flux lumineux dans l'obscurité.

Le résonateur donne une étincelle qui est, cela va sans dire, discontinue, mais avec une succession trop rapide pour qu'on perçoive autre chose qu'un scintillement caractéristique. Pour explorer le champ d'induction, on commence par constater, en déplaçant le résonateur le long du banc, que l'étincelle est moins continue en une certaine région. Il faut alors régler la vis micrométrique de manière à obtenir l'extinction complète dans le nœud, ce qui demande beaucoup de précaution, parce qu'une différence de longueur pour l'étincelle de 2 ou 3 centièmes de millimètre suffit, dans la plupart des cas, pour qu'elle disparaisse aux nœuds et aux ventres ou pour qu'au contraire elle ne subisse plus d'extinction. Comme on l'a dit, cette différence correspond à peu près à un vingt-cinquième de tour de la vis; celle-ci doit donc être maniée avec délicatesse. Nous reviendrons plus loin sur les quelques indications approximatives que peuvent fournir nos résultats au sujet des intensités relatives des maxima et des minima.

Une fois la vis micrométrique réglée, on fait glisser le chariot lentement à partir d'une position où l'étincelle est régulière et, au moment où elle cesse de se produire, on place un jeton sur l'échelle au centimètre en regard du plan transversal du résonateur, l'obscurité nécessaire à

l'observation ne permettant pas d'autre procédé. Puis on déplace le chariot toujours dans le même sens jusqu'à ce que l'étincelle soit de nouveau franchement obtenue, et à partir de ce point, on le retire en arrière jusqu'à l'extinction, position qui est marquée par un second jeton. Les deux divisions de l'échelle ainsi obtenues sont considérées comme à égale distance de part et d'autre du nœud, et leur moyenne arithmétique est notée comme résultat de l'observation.

La principale difficulté que l'on rencontre dans ces mesures provient de la variation de l'intensité de l'action inductrice qui, d'un moment à l'autre, donne lieu à des étincelles plus vives mais très intermittentes, se produisant même dans les nœuds. Il faut l'attribuer, selon toute apparence, à une variation dans le courant induit du Ruhmkorff due elle-même à des irrégularités de l'interrupteur. D'autres fois il y a une période plus longue d'augmentation de l'action inductrice et le réglage de la vis doit être incessamment recommencé, puis repris en sens contraire lorsque l'action est dans une période décroissante. Cette cause perturbatrice et d'autres causes d'erreur donnent à ces mesures une limite d'exactitude qui ne permet pas d'évaluer un nœud à plus de dix centimètres près. En général les résultats donnés sont, comme on le verra, la moyenne de trois observations faites chacune par l'un des deux observateurs à tour de rôle. Il arrive ordinairement que les nombres trouvés sont plus concordants que la limite d'erreur qui vient d'être mentionnée, mais d'autre part quelques observations très incompatibles avec la moyenne ont été supprimées. Il n'est pas possible de donner encore à ce genre d'observations une sécurité complète, mais il

importe d'ajouter que dans chaque cas, on peut constater avec certitude que l'étincelle subit une extinction et se *rallume*, soit dans un sens, soit dans l'autre.

Une précaution nécessaire, surtout lorsque le résonateur se rapproche de l'oscillateur, consiste à intercepter par un écran l'étincelle primaire par rapport à l'étincelle secondaire. En effet, comme M. Hertz l'a trouvé et comme nous l'avons souvent observé, la lumière de la première excite la production de la seconde et cette action indépendante de la force électromotrice est à éviter.

IV. Résultats numériques.

Dans ce qui suit, l'extrémité des fils voisine du primaire est désignée par O et l'autre extrémité par E. Les nombres inscrits sous l'indication *nœud* sont les distances des nœuds successifs au point E. Dans le tableau A se trouvent mentionnés le nombre d'observations dont chaque chiffre consigné dans la colonne nœud est la moyenne, et la distance du zéro de la graduation du banc à E pour ce groupe de mesures; le même nœud est, dans certains cas, mesuré deux fois, dans deux positions successives du banc, vérification qui a de l'importance. Dans le tableau B, chaque nœud n'est donné qu'une fois par la moyenne de ses valeurs; le nœud calculé, mis en regard du nœud observé, est le nombre obtenu en supposant l'internœud constant; la valeur de cet élément est la moyenne des valeurs observées ou, ce qui revient au même, celle que l'on obtient en divisant la distance totale entre le dernier et le premier nœud par le nombre des internœuds; le

premier et le dernier nombre sont les mêmes dans les deux colonnes.

Les observations relatives à un même cercle sont réunies les unes à la suite des autres par séries, pour chacune desquelles les diverses conditions du dispositif de l'expérience sont constantes et mentionnées. Comme on le verra, suivant que l'extrémité E est laissée libre ou insérée dans un disque ayant une certaine capacité, le système nodal est déplacé, ce qui explique l'indication concernant cette alternative. On emploie des disques de 24 cm., d'autres de 40 cm. de diamètre et des plaques carrées de 40 cm.

Dans nos dernières expériences la longueur totale des fils a toujours été de 10.60 m., leur diamètre 1.8 mm. mais nous mentionnerons aussi dans ce qui suit quelques mesures exécutées avec des fils plus courts. Entre la traverse qui le maintient en O et le disque ou plaque qui le termine, le fil est infléchi sur une longueur d'environ 30 cm. pour mettre son extrémité vis-à-vis du centre de la capacité du primaire. En effet, la dimension du primaire n'est pas nécessairement égale à l'écartement des fils. Il en résulte que la distance rectiligne des points O et E est inférieure de quelques centimètres à la longueur totale des fils.

La distance entre la capacité du primaire et la plaque collectrice terminant le fil est de 3 à 7 cm.

Cercle de 0.75 m. de diamètre.

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.20 m. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle est dans le plan horizontal des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

Série I.

Système nodal obtenu avec les plaques carrées de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A Nœud.	B Nœud Observé.	B Nœud Calculé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.06 m.	1.22 m.	1.22 m.	1.22 m.
Moy. de 3 obs. Zéro à 2.75 m.	4.27	4.27	4.22
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.40 m.	7.22	7.22	7.22

Valeur moyenne de l'internœud : 3 m.

Série II.

Système nodal obtenu avec les plaques carrées de 40 cm. en O et les disques de 40 cm. de diamètre en E.

	A Nœud.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.40 m.	3.37 m.
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.18 m.	6.31
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.40 m.	6.43
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.80 m.	9.30

B Nœud Observé.	B Nœud Calculé.
3.37 m.	3.37 m.
6.37	6.33
9.30	9.29

Valeur moyenne de l'internœud : 2.96 m

Petit primaire avec plaques de 20 cm.; distance des centres des plaques : 0.68 m. Écartement des fils : 0.80 m. Centre du cercle dans le plan horizontal des fils ; le micromètre est à 45 degrés entre la partie supérieure du cercle et le diamètre horizontal.

Série III.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. de diamètre en O et l'extrémité E libre.

	A Nœud.	B Nœud Observé.	B Nœud Calculé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.23 m.	1.26 m.	1.26 m.	1.26 m.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.61 m.	4.24	4.24	4.21
Moy. de 3 obs. Zéro à 4.99 m.	7.16	7.16	7.16

Valeur moyenne de l'internœud : 2.95 m.

Série IV.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et les disques de 40 cm. en E.

	A Nœud.	B Nœud Observé.	B Nœud Calculé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.61 m.	3.08 m.	3.08 m.	3.08 m.
Moy. de 3 obs. Zéro à 4.99 m.	6.05	6.05	6.04
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.80 m.	9.00	9.00	9.00

Valeur moyenne de l'internœud : 2.96 m.

Petit primaire comme ci-dessus. Écartement des fils : 0.45 m. Le centre du cercle est à 34 cm. au-dessus du plan des fils; le micromètre est à 45 degrés.

Série V.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A Nœud.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.56 m.	1.24 m. 4.19
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.63 m.	4.20 7.23

B Nœud Observé.	B Nœud Calculé.
1.24	1.24
4.19	4.23
7.23	7.22

Valeur moyenne de l'internœud : 2.99 m.

Série VI.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et des disques pareils en E.

	A	B
	Nœud.	Nœud observé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.56 m.	3.39 m.	3.37 m.
		6.63
Moy. de 2 obs. Zéro à 1.69 m.	3.35	Seul internœud observé : 3.26 m.
Moy. de 2 obs. Zéro à 3.63 m.	6.63	

Les deux fils sont remplacés par un tube de cuivre de 5,5 cm. de diamètre extérieur et de 10.2 m. de longueur. Grand primaire à sphères avec 1.10 m. de distance entre les centres.

Série VII.

Système nodal obtenu avec l'extrémité O du tube en contact avec la plaque de 40 cm., l'extrémité E libre.

	A	
	Nœud.	
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.12 m.	1.20 m.	Seul internœud observé : 3.02 m.
Moy. de 5 obs. Zéro à 1.50 m.	3.22	

Cercle de 0.50 m. de diamètre.

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.20 m. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle est dans le plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

Série I.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A Nœud.
Moy. de 3 obs. / Zéro à 0.06 m.	0.80 m. / 2.75
Moy. de 3 obs. / Zéro à 2.95 m.	4.72 / 6.59
Moy. de 2 obs. / Zéro à 5.40 m.	6.66 / 8.58
Moy. de 3 obs. / Zéro à 5.80 m.	6.57 / 8.45

B Nœud Observé.	Calculé.
0.80 m.	0.80 m.
2.75	2.73
4.72	4.66
6.61	6.59
8.51	8.52

Valeur moyenne de l'internœud : 1.93 m.

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.60 m. Centre du cercle dans le plan des fils. Micromètre au sommet du diamètre vertical.

Série II.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A Nœud.
Moy. de 3 obs. / Zéro à 0.07 m.	0.70 m. / 2.85
Moy. de 3 obs. / Zéro à 3.22 m.	4.71 / 6.60

B Nœud Observé.	Calculé.
0.70 m.	0.70 m.
2.85	2.67
4.71	4.64
6.60	6.61

Valeur moyenne de l'internœud : 1.97 m.

Série III.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et les disques de 40 cm. en E.

	A	B	
	Nœud.	Nœud	
		Observé.	Calculé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.07 m.	2.09 m.	2.09 m.	2.09 m.
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.22 m.	4.13	4.13	4.11
	5.99	6.10	6.13
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.40 m.	6.20	8.16	8.15
	8.15		
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.40 m. les capacités du primaire sont augmentées par leur contact avec les boules de zinc de 30 cm. d.	6.12		
	8.17		

Valeur moyenne de l'internœud : 2.02 m.

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Le centre du cercle est à 14 cm. au-dessus du plan des fils; le micromètre est au sommet du diamètre vertical.

Série IV.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A	B	
	Nœud.	Nœud	
		Observé.	Calculé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.13 m.	0.78 m.	0.76 m.	0.76 m.
	2.73	2.76	2.65
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.08 m.	0.75	4.66	4.55
	2.80	6.58	6.45
Moy. de 5 obs. Zéro à 3.33 m.	4.66	8.35	8.35
	6.52		
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.77 m.	6.64		
	8.35		

Valeur moyenne de l'internœud : 1.90 m.

Série V.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et des disques pareils en E.

	A Nœud.	B Nœud Observé.	B Nœud Calculé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.68 m.	2.26 m.	2.22 m.	2.22 m.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.13 m.	2.19	4.19	4.21
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.09 m.	4.17 6.10	6.16	6.20
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.33 m.	4.21 6.14	8.18	8.19
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.77 m.	6.25 8.18		

Valeur moyenne de l'internœud : 1.99 m.

Cercle de 0.36 m.

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres des plaques : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Le centre du cercle est dans le plan des fils; le micromètre est au sommet du diamètre vertical.

Série I.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A Nœud.	B Nœud Observé.	B Nœud Calculé.
Moy. de 4 obs. Zéro à 0.08 m.	0.60 m. 2.03 3.56	0.60 m.	0.60 m.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.32 m.	2.06 3.61	2.04	2.07
Moy. de 3 obs. Zéro à 2.74 m.	3.62 5.09 6.45	3.60	3.54
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.35 m.	6.34 7.90	5.09	5.01
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.72 m.	6.39 7.95 9.42	6.36	6.48
		7.92	7.95
		9.42	9.42

Valeur moyenne de l'internœud : 1.47 m.

Série II.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et des disques semblables en E.

A

	Nœud.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.08 m.	1.62 m.
	3.13
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.32 m.	1.65
	3.16
Moy. de 3 obs. Zéro à 2.74 m.	3.20
	4.64
	6.11
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.35 m.	6.03
	7.61
	9.08
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.72 m.	6.02
	7.58
	9.04

B

Nœud Observé.	Nœud Calculé.
1.63 m.	1.63 m.
3.16	3.11
4.64	4.59
6.05	6.07
7.59	7.55
9.06	9.03

Valeur moyenne de l'internœud : 1.48 m.

SÉRIE III.

Système nodal obtenu sans disque en O et sans disque en E.

A

	Nœud.
Moy. de 2 obs. Zéro à 0.07 m.	0.58 m.
	2.09
	3.59
Moy. de 3 obs. Zéro à 2.74 m.	3.62
	4.99
	6.47
Moy. de 3 obs. Zéro a 5.35 m.	6.34
	7.90
1 obs. Zéro à 5.75 m.	6.41
	7.97
	9.33

B

Nœud Observé.	Nœud Calculé.
0.58 m.	0.58 m.
2.09	2.04
3.60	3.50
4.99	4.96
6.40	6.42
7.93	7.88
9.33	9.34

Valeur moyenne de l'internœud : 1.46 m.

SÉRIE IV.

Système nodal obtenu sans les disques en O et avec les disques de 24 cm. en E.

A

	Nœud.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.07 m.	1.62 m.
	3.09
Moy. de 3 obs. Zéro à 2.27 m.	3.15
	4.50
	5.92
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.35 m.	5.90
	7.34
	8.71
Moy. de 3 obs. Zéro à 5.72 m.	5.89
	7.38
	8.74

B

Nœud Observé.	Nœud Calculé.
1.62 m.	1.62 m.
3.12	3.08
4.50	4.50
5.90	5.92
7.36	7.34
8.72	8.76

Valeur moyenne de l'internœud : 1.42 m.

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.12 m. Écartement des fils : 0.45 m. Longueur totale des fils : 10.40 m.

Série V.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A Nœud.	
Moy. de 2 obs.	0.56 m.	
» »	1.94	Valeur moyenne de l'internœud : 1.41 m.
» »	3.37	

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.65 m. Écartement des fils : 0.45 m. Longueur totale des fils : 4.76 m.

Série VI.

Système nodal obtenu avec une plaque carrée en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	
Moy. de 2 obs.	0.55 m.	
» »	2.06	Internœud moyen : 1.46 m.
» »	3.48	

Mêmes conditions que ci-dessus. Longueur totale des fils : 4.96 m.

	Nœud.	
Moy. de 2 obs.	0.57 m.	
» »	2.13	Internœud moyen : 1.50 m.
» »	3.58	

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Fils ayant un diamètre de 0.8 mm. et une longueur de 10.60 m.

Série VII.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	Internœud.
Moy. de 3 obs.	0.58	
»	2.04	1.46
»	3.52	1.48

Cercle de 1 m. de diamètre.

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.10 m. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle est au-dessus du plan des fils, le micromètre à 45 degrés.

SÉRIE I.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A	B
	Nœud.	Nœud.
Moy. de 4 obs. Zéro à 0.06 m.	1.61 m.	1.61 5.67
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.14 m.	5.67	Seul internœud observé : 4.06 m.

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.20 m. Écartement des fils : 1.10 m. Le centre du cercle est dans le plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

SÉRIE II.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.
Moy. de 5 obs. Zéro à 0.07 m.	1.55 m.

Même primaire que ci-dessus. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle est au-dessus du plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

Série III.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	Internœud, déduit des séries II et III.
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.18 m.	5.19 m.	3.64

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.48 m. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle au-dessus du plan des fils, le micromètre à 45 degrés.

Série IV.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.06 m.	1.57 m.

Petit primaire à plaques de 30 cm.; distance des centres des plaques : 1.30 m. Écartement des fils : 0.80 m. Le centre du cercle au-dessus du plan des fils, le micromètre à 45 degrés.

Série V.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et les disques de 40 cm. en E.

	Nœud.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.93 m.	3.92 m.

Cercle de 0.26 m. de diamètre.

Petit primaire; distance des centres des plaques : 0.68 m.

Écartement des fils : 0.35 m. Le centre du cercle dans le plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

Série I.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A	B	
	Nœud.	Nœud	
		Observé.	Calculé.
Moy. de 3 obs. Zéro à 0.06 m.	0.47 m.	0.47 m.	0.47 m.
	1.62	1.62	1.59
	2.64	2.64	2.71
	3.83	3.85	3.83
Moy. de 3 obs. Zéro à 3.46 m. et de 2 obs. Zéro à 3.35 m.	3.86	4.96	4.95
	4.96	6.05	6.07
	6.05	7.19	7.19
	7.19		

Valeur moyenne de l'internœud : 1.12 m.

Grand primaire; distance des centres des sphères : 1.10 m. Écartement des fils : 0.35 m. Même disposition du cercle que ci-dessus.

Série II.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	Internœud.
Moy. de 3 obs.	0.43 m.	1.14 m.
»	1.57	1.10
»	2.67	

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Fils ayant un diamètre de 0.8 mm, et une longueur de 10.60 m.

Série III.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	Internœud.
1 obs.	0.46 m.	
Zéro à 0.06 m.	1.62	1.16 m.
	2.73	1.11
	3.88	1.15

V. Interprétation des résultats.

Degré de précision des mesures. Les nombres inscrits dans les tableaux du n° IV sont le plus souvent la moyenne de trois observations, et chaque observation est, comme on l'a expliqué, donnée par la moyenne arithmétique des deux lectures de la division qui correspondent aux deux points d'extinction de part et d'autre du nœud. Pour qu'on se rende compte de notre manière de procéder, voici les valeurs des trois observations relatives à la seconde et à la dernière des données du tableau A de la série I du cercle de 36 cm.

		2me nœud.	3me nœud.
Le 0 du banc à 0.32 m.	1re observ.	1.77 m.	3.32 m.
	2me »	1.69	3.15
	3me »	1.75	3.30
Moyenne		1.74	3.29
Ajoutant 0.32		2.06	3.61

		5me nœud.	6me nœud.	7me nœud.
Le 0 du banc à 5.72 m.	1re observ.	0.68 m.	2.26 m.	3.79 m.
	2me »	0.68	2.20	3.61
	3me »	0.66	2.22	3.70
Moyenne		0.67	2.23	3.70
Ajoutant 5.72		6.39	7.95	9.42

La valeur de l'internœud dans le premier tableau est 1.45 m., les deux valeurs du second sont 1.56 et 1.47 m. On voit que l'erreur sur l'internœud s'élève à 9 cm. et que l'erreur d'une observation par rapport à la moyenne

des trois se trouve avoir à peu près la même valeur maxima. En admettant que les nœuds sont mesurés à 10 cm. près, on estime approximativement la limite des erreurs moyennes.

Deux valeurs différentes de la distance du premier nœud à l'extrémité du fil. Il résulte en premier lieu des tableaux que les deux dispositions différentes qui consistent, l'une à laisser libre l'extrémité des fils la plus éloignée du primaire, l'autre à munir cette même extrémité d'un disque conducteur, donnent lieu à deux systèmes différents de points nodaux. Dans le premier cas, il se produit un ventre à l'extrémité et, par conséquent, un premier nœud à un quart de longueur d'onde; dans le second cas, il se produit un nœud à l'extrémité et le premier nœud que l'on constate par deux extinctions de l'étincelle s'en trouve à une demi-longueur d'onde. Avec le cercle de 0.75 m., les séries I, III, V donnent 1.22, 1.26 et 1.24 m. pour le premier nœud et les séries II, IV, VI donnent 3.37, 3.08 et 3.39 m., et comme on le verra, ce déplacement du premier nœud correspond à un demi-internœud, en tenant compte des perturbations à l'extrémité. Il en est de même pour les autres résonateurs, et en particulier avec le cercle de 0.36 m., les séries I, III donnent pour le premier nœud 0.60 et 0.58 et les séries II, IV, 1.62 m. Dans les deux cas le système nodal est constaté par le même procédé, c'est-à-dire par la mesure de la position des nœuds successifs. Nous reviendrons sur la valeur de la distance du premier nœud à l'extrémité.

Équidistance des nœuds. D'une manière générale les

tableaux numériques établissent avec certitude l'existence de systèmes nodaux réguliers. C'est de la partie B de chaque tableau que ressort la constance de l'internœud comme nous allons le montrer en prenant de préférence la série I du cercle de 36 cm. pour lequel l'internœud entre un nombre de fois suffisamment grand dans la longueur totale des fils. Dans cette série l'internœud moyen est calculé en divisant 8.82, différence des positions du dernier et du premier nœud par 6, nombre des internœuds, ce qui donne 1.47. Au moyen de cette valeur, on calcule les nombres de la seconde colonne inscrits sous l'indication *calculé :* par exemple, on obtient le quatrième nombre en ajoutant à 0.60 le produit de 1.47 par 3. La concordance des deux colonnes est telle que la constance de l'internœud résulte de nos observations avec tout le degré d'exactitude qu'elles comportent. La série I du cercle de 26 cm. donne également six internœuds qui ne portent que sur une longueur de fil moindre, celle qui correspond à deux longueurs successives du banc.

Il importe de remarquer que les nombres trouvés pour un même nœud avec deux ou même trois positions différentes du banc concordent entre eux. Ainsi, dans le tableau A de la série II, cercle de 75 cm., le second nœud est donné par les nombres 6.31 et 6.43 résultant des moyennes de trois observations 3.13 et 1.03 auxquelles on a ajouté respectivement les distances du zéro 3.18 et 5.40. De même dans le tableau A de la série II, cercle de 36 cm., le quatrième nœud est donné par les nombres 6.11, 6.03 et 6.02 provenant des moyennes 3.37, 0.68 et 0.30, auxquelles on a ajouté respectivement 2.74, 5.35 et 5.72, distances du zéro de la graduation pour les trois positions successives du banc. Cette vérification de la

position d'un point nodal est une preuve importante de sa réalité, parce que les deux ou les trois mesures sont complètement indépendantes l'une de l'autre. On ne peut pas leur attribuer la solidarité qui résulte de la connaissance anticipée qu'a l'observateur de la position approximative d'un nœud par rapport à celui qui le précède. Il est possible, par contre, que la détermination des nœuds qui se suivent, pour une même position du banc, soit facilitée par une intention à demi consciente de l'observateur.

Constance de l'internœud d'un même résonateur. C'est pour mieux faire ressortir des tableaux numériques ce résultat de nos observations que les séries relatives à un même résonateur se trouvent placées à la suite les unes des autres. La simple inspection de la suite des valeurs que prend l'internœud moyen pour les diverses séries d'un même cercle suffit pour établir cette constance. Ainsi, pour le cercle de 75 cm., on a : 3, 2.96, 2.95, 2.96, 2.99 m., laissant de côté 3.26 m. qui provient d'une série où un seul internœud est observé; pour le cercle de 50 cm., les internœuds moyens sont : 1.93, 1.97, 2.02, 1.90, 1.99 m.; pour le cercle de 36 cm., on a : 1.47, 1.48, 1.46, 1.42 m. Il faut donc admettre qu'un internœud, sinon absolument constant, n'offrant du moins qu'une variation au-dessous des erreurs probables de nos mesures, accompagne l'exploration du champ par un résonateur donné, quelles que soient les autres conditions du mouvement électrique et en particulier les dimensions de l'oscillateur primaire. De fait cette constance de l'internœud s'impose de telle manière dans l'observation qu'il n'y a pas lieu de chercher si l'internœud varie lors-

qu'on se sert successivement du grand et du petit primaire, mais si l'on obtient dans les deux cas des effets mesurables.

Avec la plupart des cercles les résultats sont nettement affirmatifs. Pour le cercle de 75 cm. les séries I et II sont obtenues avec le grand primaire, longueur de 1.20 m., et les autres avec le petit primaire, longueur de 0.68. Pour le cercle de 50 cm. les séries I, II, III appartiennent au grand primaire, les autres au petit primaire. Pour le cercle de 36 cm. toutes les séries, sauf la série V, appartiennent au petit primaire et la série V donne bien l'internœud des précédentes, mais le petit nombre des nœuds déterminés provient de la faible intensité des effets, sans que nous puissions rattacher par des observations suffisantes la faiblesse de l'intensité à l'emploi du grand primaire. Pour le cercle de 26 cm. la série II avec le grand primaire donne le même internœud que la série I avec le petit primaire.

Le déplacement du premier nœud suivant que l'extrémité est libre ou munie d'un disque laisse l'internœud constant, ce qui ressort de la comparaison des séries I et II, III et IV, V et VI du cercle de 75 cm., de la comparaison des séries I et III, IV et V du cercle de 50 cm. et de la comparaison des séries I et II, III et IV du cercle de 36 cm.

L'écartement des deux fils le long desquels a lieu le mouvement électrique est sans influence sur la valeur de l'internœud du résonateur. Ainsi pour le cercle de 75 cm. l'écartement est successivement : 0.88, 0.80 et 0.45 m.; pour le cercle de 50 cm. il est : 0.88, 0.60 et 0.45 m. Pour le cercle de 36 cm. l'écartement de 0.45 m. est la seule valeur donnée à cet élément, parce que les effets

sont très faibles lorsque les fils ne se trouvent pas dans le voisinage du cercle. Là encore la question d'intensité se substitue à celle de la position des nœuds. On doit remarquer qu'un écartement des fils moindre que le diamètre du cercle implique pour celui-ci une position du centre au-dessus du plan horizontal passant par les deux fils ; il en résulte que la demi-circonférence du résonateur où se trouve le micromètre et celle qui est continue, ne sont plus symétriquement placées par rapport au plan des fils, mais la valeur de l'internœud n'en est pas altérée. Une inclinaison de 45 degrés du micromètre, par rapport au diamètre vertical sur lequel il se trouve ordinairement, ne change pas non plus les résultats. Cette inclinaison a pour objet, en rapprochant l'étincelle de l'observateur, d'en faciliter la vue.

L'internœud correspondant à un même résonateur est également indépendant de la manière dont les fils se terminent du côté du primaire. En premier lieu, les dimensions de la plaque ou du disque, qu'on peut appeler disque collecteur et qui est disposé à quelques centimètres de la capacité du primaire, varient sans changer le système nodal ; on le voit par la comparaison des séries I et II, cercle de 75 cm., où les plaques ont 40 cm. de côté avec les séries III et IV où elles sont remplacées par les disques de 24 cm. de diamètre. On peut de même comparer la série I, cercle de 50 cm., avec les autres séries. En second lieu, on obtient encore le même internœud quand on supprime la plaque collectrice et que l'extrémité libre du fil se trouve en regard de la sphère ou de la plaque du primaire. C'est ce que montrent les séries III et IV, cercle de 36 cm., relatives à cette disposition de l'extrémité O des fils.

Enfin on peut se demander si la longueur des fils et

leur diamètre ont une influence sur le système nodal. Sur le premier point, la série VI, cercle de 36 cm., relatives à des fils dont la longueur est de 4 à 5 m. au lieu de 10, montre que l'on obtient le même système nodal avec le même résonateur.

Sur le second point, la série VII du cercle de 36 cm. et la série II du cercle de 26 cm., où des fils de 0.8 mm. sont substitués aux fils de 1.8 mm., prouvent la constance de l'internœud. Des fils de diamètres différents agissent donc de la même manière. La série VII du cercle de 75 cm. montre que même le long d'un tube cylindrique de 5.5 cm. de diamètre la propagation de l'onde produit l'internœud constant du résonateur. Dans cette expérience, on emploie un seul conducteur cylindrique et, par conséquent, une seule plaque en regard d'une des sphères du primaire.

L'internœud varie d'une manière continue avec les dimensions du résonateur.

Il résulte des considérations qui précèdent que la valeur de l'internœud avec un certain résonateur est unique. D'autre part, le diamètre des cercles employés variant entre 26 cm. et 1 m., on peut obtenir, avec le même primaire, des internœuds variant entre 1.12 m. et 4 m. Un certain nombre d'expériences non consignées dans les résultats numériques prouvent que la longueur d'onde susceptible d'être constatée dans le mouvement ondulatoire émanant d'un seul et même primaire varie d'une manière continue avec les dimensions du résonateur employé.

Ce sont, en premier lieu, des observations au moyen d'un résonateur rectangulaire extensible. La tige où se

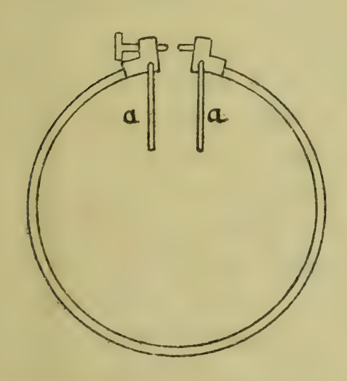
trouve le micromètre et la tige opposée ont une longueur invariable et se relient par des tiges tubulaires coudées à angle droit aux deux autres côtés du rectangle, dont on fait varier la longueur. On a déterminé le premier nœud de ce résonateur en donnant successivement au côté variable, qui est disposé verticalement, les valeurs indiquées ici. Le côté horizontal a une longueur de 0.65 m.

Côté vertical.	Périmètre.	Nœud.
0.22 m.	1.74 m.	0.70 m.
0.46	2.22	1.00
0.72	2.74	1.25

Toute variation du périmètre donne donc lieu à une variation correspondante de la distance du premier nœud et, par conséquent, de la valeur de l'internœud.

En second lieu, on dispose aux deux pôles du résonateur de 36 cm., comme le montre la figure 7, deux

Fig. 7.



appendices *a* consistant en deux fils de cuivre insérés à frottement juste dans les plaques du micromètre. Voici

les résultats obtenus en donnant successivement aux appendices trois longueurs différentes :

Valeur de a.	Premier nœud.	Second nœud.	Internœud.
10 cm.	0.66 m.	2.30 m.	1.64 m.
20	0.79	2.56	1.77
30	0.88	3.02	2.14

Les appendices, bien que prolongeant le conducteur au delà du micromètre, ont le même effet qu'une augmentation équivalente de périmètre et déterminent une augmentation graduelle de l'internœud. Ces résultats s'accordent avec ceux que M. Hertz a fait connaître dans son premier mémoire[1] : Pour obtenir la résonance du secondaire avec un primaire donné, l'auteur règle la capacité du secondaire en suspendant à ses extrémités des fils de longueur variable.

La distance du premier nœud à l'extrémité dans le cas où cette extrémité est libre, est égale à la moitié de la circonférence du résonateur. On a déjà dit, à propos des deux valeurs différentes de la distance du premier nœud, que celle dont il est question ici est un quart de longueur d'onde, c'est-à-dire un demi-internœud. Mais ce n'est qu'une indication approximative et cette distance est en fait un peu inférieure au demi-internœud. Disons en passant que cette différence en moins constitue une analogie frappante avec les *perturbations aux extrémités* dans le cas des interférences de l'onde sonore dans un tuyau ouvert. On verra que cette différence ne semble

[1] Ueber sehr schnelle electrische Schwingungen. *Wiedemann's Annalen,* 1887, t. XXXI, p. 421.

pas constante, mais augmente avec les dimensions du résonateur. Mais en premier lieu, une remarquable concordance entre la valeur même de la distance du premier nœud et la demi-circonférence du résonateur mérite d'attirer l'attention. Dans le tableau suivant se trouvent en regard le diamètre du résonateur, sa demi-circonférence et la distance du premier nœud; cet élément est déduit, pour le cercle de 0.26 de la moyenne des séries I, II et III; pour le cercle de 0.36 m. de la moyenne des séries I, III; pour le cercle de 0.50 m. de la moyenne des séries I, II, IV; pour le cercle de 0.75 m. de la moyenne des séries I, III, V, et pour le cercle de 1 m. de la moyenne des séries I, II et IV.

Diamètre du résonateur.	Demi-circonférence.	Distance du premier nœud.
0.26 m.	0.41 m.	0.45 m.
0.36	0.56	0.59
0.50	0.78	0.76
0.75	1.17	1.24
1.00	1.57	1.58

En second lieu, si l'on compare, comme nous le disions plus haut, la distance du premier nœud au demi-internœud, on trouve les résultats suivants. Les internœuds sont pour les cercles de 0.75, de 0.50 et de 0.36 m. les moyennes des valeurs énumérées plus haut à propos de la constance de l'internœud, pour le cercle de 0.26 m. la valeur résultant de la série I qui porte sur le plus grand nombre de nœuds, et pour le cercle de 1 m. la moyenne résultant des séries I, II et III.

Diamètre du résonateur.	Demi-internœud.	Distance du premier nœud.	Différence.
0.26 m.	0.56 m.	0.45 m.	0.11 m.
0.36	0.73	0.59	0.14
0.50	0.98	0.76	0.22
0.75	1.48	1.24	0.24
1.00	1.92	1.58	0.34

La différence augmente, comme on le voit, avec le diamètre du cercle, et si l'on compare les résultats les moins entachés d'erreur, ceux des trois cercles moyens, elle est sensiblement proportionnelle au diamètre. Il résulterait de cette proportionnalité que l'internœud lui-même serait proportionnel à la circonférence du résonateur, puisque les nombres de la troisième colonne, d'après ce qui précède, coïncident avec les longueurs des demi-circonférences.

La distance du premier nœud à l'extrémité lorsque celle-ci est insérée dans une plaque conductrice est plus grande que l'internœud. On a dit plus haut que dans ce cas il y a un nœud à l'extrémité, mais ce nœud est un peu déplacé du côté du primaire et cette perturbation à l'extrémité est à comparer avec ce qu'on observe pour l'onde sonore dans un tuyau fermé. Le tableau suivant donne la valeur de la différence.

Diamètre du résonateur.	Internœud.	Distance du premier nœud.	Différence.
0.36 m.	1.46 m.	1.62 m.	0.16 m.
0.50	1.96	2.17	0.19
0.75	2.97	3.28	0.31

La différence augmente avec le diamètre et les nombres de la quatrième colonne peuvent laisser supposer la proportionnalité.

En remplaçant le disque à l'extrémité du fil par une plaque carrée qui, au lieu d'être disposée dans un plan perpendiculaire au fil, était dans un plan horizontal passant par le fil, nous avons constaté le même système nodal. Il en résulterait que l'action de la plaque ne dépend pas de son orientation par rapport à la direction rectiligne du fil.

Lorsqu'on joint par un conducteur les deux extrémités des fils, il s'y produit le système nodal que nous obtenons aussi avec les disques, c'est-à-dire un nœud aux extrémités ainsi réunies. Nous avons souvent constaté ce résultat donné par M. Hertz.

L'expérience consistant à placer le résonateur dans un nœud du système d'ondes stationnaires correspondant au cas où l'extrémité des fils est libre et à faire reparaître l'étincelle en joignant les deux extrémités, ou en y adaptant des disques, met bien en évidence la réalité des maxima et minima, et démontre d'une manière élégante que les nœuds de l'un des systèmes correspondent, à peu de choses près, aux ventres de l'autre.

Intensité relative de la force électromotrice aux ventres et aux nœuds. On peut évaluer la force électromotrice mise en jeu dans le résonateur par la longueur de l'étincelle au micromètre. Nos moyens de mesure ne sont pas assez délicats pour que les résultats quantitatifs puissent donner autre chose que des indications approximatives. Avec le cercle de 36 cm. dont la vis, comme on l'a dit, porte un disque divisé, il a été possible de déterminer les quelques données suivantes.

On établit en premier lieu quelle est la division correspondant au contact de la pointe de la vis avec le bouton

opposé en cherchant la position de la vis pour laquelle l'étincelle, de plus en plus raccourcie, cesse enfin par ce contact même. Pour cela, il est bon d'appliquer le résonateur contre le fil, ce qui produit une étincelle plus brillante, dont la disparition au moment du contact est plus nette. On trouve ainsi une demi-division au delà du zéro.

Le résonateur fonctionnant, avec un écartement des fils de 0.45 m, et le petit primaire, on trouve pour la limite supérieure de la longueur de l'étincelle dans un ventre, 3 à 3 $^1/_2$ divisions, ce qui ajouté à la demi-division négative donne 7 à 8 centièmes de millimètre. Avec cette longueur maxima l'étincelle est trop intermittente pour reparaître nettement. On obtient un meilleur résultat entre 2 $^1/_2$ et 1 $^1/_2$ divisions, donnant une longueur de 0.04 à 0.06 mm. C'est dans ces conditions que les nœuds sont le plus apparents. Pour une longueur correspondant à une division, 0.03 mm., l'étincelle paraît dans le nœud. Entre la limite supérieure dans le ventre et la limite inférieure dans le nœud, il y a donc à peu près le rapport de 2 à 1.

Pour le cercle de 75 cm. fonctionnant avec le grand primaire, on a évalué approximativement les fractions de circonférence dont on faisait tourner la vis qui a le même pas d'un demi-millimètre. On a trouvé pour limite supérieure dans le ventre 0.75 mm. et pour limite inférieure dans le nœud 0.25 mm. Le rapport des longueurs de l'étincelle est donc environ 3. On voit, d'après ces valeurs, que l'étincelle dans ce résonateur est dix fois plus longue que dans le résonateur de 36 cm.

Quant aux intensités respectives des forces électromotrices dans un même résonateur, lorsqu'on fait varier le primaire, les résultats de nos observations qui n'ont pas

été dirigées dans ce sens ne nous permettent pas de discuter ce point important. La distance des fils au cercle a une influence évidente sur l'intensité et il faudrait séparer cette cause de variation, l'écartement des fils, de la cause à évaluer, les dimensions du primaire. Il est toutefois à reconnaître que les résultats les plus nets sont obtenus pour le cercle de 75 cm. avec le grand primaire et pour le cercle de 36 cm. avec le petit primaire.

Il en est de même pour la variation de l'intensité avec la longueur des fils. Nos essais d'évaluation ne nous ont pas donné des résultats assez nets pour que nous ayons pu les consigner dans ce travail.

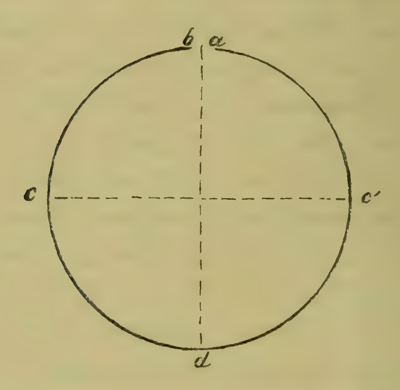
Enfin nous avons à mentionner les résultats négatifs que nous a donnés le résonateur rectiligne, lorsque nous avons cherché à constater des minima le long des fils. Il ne nous a pas été possible de trouver une variation de l'étincelle qui devient cependant aussi intense que celle d'un résonateur circulaire lorsqu'on approche les extrémités de la tige, tenue horizontalement et transversalement par rapport aux fils, du plan des fils. L'adjonction des capacités aux deux extrémités de la tige augmente l'étincelle, mais ne semble pas déterminer la production des minima. Peut-être les maxima sont-ils relativement moins intenses que dans le résonateur circulaire et exigent-ils un procédé de mesure plus minutieux.

Explication théorique de la résonance.

Il est naturel de chercher dans la théorie des mouvements oscillatoires une explication de la relation trouvée entre le périmètre du résonateur et la distance du pre-

mier nœud. On entrevoit une analogie entre le renforcement d'une ondulation par le résonateur, due aux réflexions multiples aux extrémités, et le renforcement des sons par un tuyau ouvert. L'explication que nous proposons semble s'accorder avec les principales données de la résonance. Considérons le résonateur et un seul fil, car le second ne fait que doubler l'action. Appelons *diamètre de symétrie* celui qui passe par le micromètre et par le point *d* de la figure 8, et *transversal* le diamètre perpendiculaire *cc'*. Nous supposons le fil très voisin du cercle, condition nécessaire à une action intense. L'étincelle dépend, comme l'a montré M. Hertz, de la position du fil le long du cercle. Elle est nulle lorsque le fil est en *d* et maxima lorsqu'il se trouve en *c* ou *c'*. Supposons le fil dans la position d'effet maximal, à l'une des extrémités du diamètre transversal, et admettons que le cercle satisfait à la condition d'égalité entre son demi-périmètre et la distance du premier nœud.

Fig. 8.



La production de l'étincelle entre deux pôles métalliques, à travers une couche d'air, ne semble pas pouvoir être rapportée à la force électromotrice sur le conducteur et dans son voisinage, mais plutôt à la différence de tension ou d'électricité libre entre les deux pôles. D'autre part, la relation entre la tension ou densité électrique à la surface du conducteur, en un quelconque de ses points, et la force électromotrice oscillatoire n'est pas connue et doit être l'objet d'une hypothèse. Nous admettons que la tension en un point d'un conducteur où se propage l'ondulation est elle-même oscillatoire, avec la même période que la force électromotrice, et que l'amplitude maximale de tension est simultanée, pour un point quelconque, avec le passage par zéro de la force. Ainsi, le long d'une ondulation électrique, la force électromotrice étant nulle à l'origine et aux distances $\lambda/2$ et λ, la tension est $+e$ à l'origine, $-e$ à la distance $\lambda/2$ et de nouveau $+e$ à la distance λ, en désignant par e la tension maxima.

Nous considérons la force électromotrice qui émane du fil en c comme se propageant suivant les rayons du cylindre dont le fil est l'axe. Elle est donc dirigée suivant la tangente au cercle et simultanément dans les deux directions contraires, et nous admettons que chaque onde n'est propagée le long du cercle que suivant la direction de la force. L'onde marchant vers d parvient à l'extrémité a avec un retard sur le point c de $3/8\ \lambda$, en supposant d'abord que le demi-périmètre est exactement $\lambda/4$. Supposons que la tension développée en a ne suffise pas pour produire l'étincelle; il y a réflexion et, à cause de la grandeur du cercle, le retard en b de l'onde réfléchie est, par rapport à a, $\lambda/2$; on voit qu'une seconde réflexion en b et un nombre quelconque de réflexions successives don-

nent lieu, en *a* et en *b*, à deux sommes d'états simultanés, différant entre elles d'une demi-longueur d'onde. D'après ce que nous admettons, cette différence de phase est accompagnée de la différence de tension maxima à un certain instant de la période oscillatoire, et cette différence est supposée susceptible de produire l'étincelle à cet instant. L'onde propagée à partir de *c* vers *b* parvient en *b* avec un retard sur *c* de $\lambda/8$ et, par conséquent, la différence de chemin avec *a* est $\lambda/4$; cette onde donne lieu, comme la première, à des réflexions successives qui la renforcent et la rendent capable de produire l'étincelle; la différence de chemin $\lambda/4$ a pour conséquence que le maximum de différence de tension de la première onde coïncide avec une différence nulle pour la seconde, de manière que les deux étincelles sont indépendantes. En réalité, le demi-cercle est un peu inférieur au quart de longueur d'onde; la réflexion en *a* et en *b* produit un ventre un peu au delà de ces points et un nœud commun en *d;* il y a donc, d'une part, augmentation à peu près maximale de l'intensité en *a*, par le fait du ventre fixe, et état stable en *d*, à cause de l'identité des états superposés. Les ventres de tension coïncident avec ceux de force électromotrice, si l'on admet que la réflexion a lieu de la même manière pour les deux éléments, sans changement de signe. Soit *r* le retard dû à la réflexion ou la distance du ventre fictif au delà de *a*. On voit que, dans les réflexions successives, ce retard ne s'ajoute pas à lui-même, puisque le nœud se trouve toujours en *d*, que l'onde soit réfléchie en *a* ou en *b*. Les états dus aux réflexions successives en *a* et *b* sont donc concordants et très voisins de la condition de différence maximale trouvée avant de considérer le retard *r*.

VI. Conclusions

Les ondulations électriques, en se propageant le long de fils conducteurs dont les extrémités sont isolées, donnent lieu, comme l'a montré M. Hertz, par une de ses expériences les plus décisives, à des phénomènes d'interférence. Deux fils, tendus parallèlement entre eux à partir de deux plaques métalliques placées en regard des capacités de l'oscillateur ou primaire et dont l'autre extrémité reste isolée, sont entretenus dans un état oscillatoire et l'onde réfléchie à l'extrémité isolée interfère avec l'onde directe. Il s'établit une onde stationnaire à ventres et à nœuds équidistants. L'état électrique des fils et du milieu ambiant est révélé par la force électromotrice qui agit sur un conducteur circulaire discontinu, et y produit une étincelle, le plan du cercle étant normal au fil. L'étincelle passe par des minima et des maxima équidistants, lorsqu'on déplace le cercle d'un bout à l'autre des fils. M. Hertz a également établi qu'à l'extrémité libre du fil se trouve un ventre, par une analogie remarquable avec l'onde sonore d'un tuyau ouvert, et que si l'on joint par un conducteur les extrémités des deux fils, c'est au contraire un nœud qu'on y constate, comme dans le cas d'un tuyau fermé.

Cette expérience fondamentale est le point de départ de nos recherches. Nous avons fait varier les dimensions du résonateur, avons associé un même résonateur à des primaires différents et réciproquement un même primaire à des résonateurs différents. Nous avons obtenu le nœud à l'extrémité du fil en y fixant une plaque

métallique et avons, en résumé, trouvé une confirmation de l'expérience type étendue à des variations nombreuses. *L'existence de nœuds équidistants constatée par un grand nombre de mesures indépendantes les unes des autres et faisant retrouver le même nœud pour une même disposition de l'expérience, confirme la propagation ondulatoire de l'état électrique du fil.*

La relation entre l'oscillateur et le résonateur est un point sur lequel nos observations, sans être en opposition avec celles de M. Hertz, leur donnent une interprétation différente de la sienne. En effet, un système de nœuds successifs, avec un certain internœud, suppose une longueur d'onde déterminée qui est celle de l'oscillation électrique constatée. M. Hertz commence par établir directement la résonance du secondaire par rapport au primaire. Avec un résonateur donné, l'étincelle est maxima lorsque l'oscillateur prend certaines dimensions, et, réciproquement, avec un oscillateur donné, il faut choisir un résonateur d'un certain diamètre afin d'obtenir l'étincelle maxima. Ceci admis, M. Hertz, dans l'expérience des fils, emploie le résonateur à l'unisson avec l'oscillateur et attribue à celui-ci la longueur d'onde trouvée par l'observation des nœuds. Or, d'après nos résultats, si au lieu du résonateur à l'unisson, on en prend un autre de dimensions plus grandes ou moindres, le phénomène d'interférence subsiste, mais on trouve un internœud différent du premier, parce que l'internœud est une constante du cercle employé. Il faut donc attribuer cette longueur d'onde nouvelle également à l'oscillateur et admettre qu'elle fait partie, avec une intensité que nous ne cherchons pas à évaluer, du mouvement oscillatoire complexe qui en émane. On peut énoncer cette donnée du phéno-

mène comme suit : *La valeur de l'internœud est constante pour un même résonateur, quel que soit l'oscillateur.*

Puisque un résonateur donné ne peut révéler qu'une longueur d'onde, toujours la même, qui lui est propre, il y a lieu de chercher comment cette valeur dépend des dimensions du cercle et aussi de constater si toute valeur possible entre certaines limites est susceptible d'être obtenue.

Sur le premier point, nous avons trouvé la relation d'égalité entre la distance du premier nœud à l'extrémité libre du fil, et le demi-périmètre du cercle. La distance du premier nœud serait un quart de longueur d'onde si le ventre se trouvait exactement à l'extrémité, mais, par une nouvelle analogie avec l'onde sonore dans un tuyau ouvert, une perturbation à l'extrémité fait que le ventre se trouve à quelques centimètres au delà. La distance du premier nœud à l'extrémité, lorsqu'elle est libre, est donc un peu moindre que le demi-internœud et d'après nos résultats : *La valeur de la distance du premier nœud à l'extrémité libre est égale à la moitié de la circonférence du résonateur.*

Cette loi montre assez clairement quel est le jeu du résonateur et le rôle des réflexions multiples qui se produisent à ses deux extrémités. L'explication théorique que nous avons donnée peut se résumer de la manière suivante : *La résonance est un renforcement de l'ondulation électrique par la réflexion multiple aux extrémités du conducteur circulaire, la condition du renforcement étant que le quart de longueur d'onde, diminué du retard de réflexion à l'extrémité, soit égal au demi-périmètre du résonateur.*

Quant au second point, la continuité de la variation

de l'internœud avec les dimensions du résonateur est certaine. Un résonateur rectangulaire à périmètre variable donne un internœud variable aussi. De même des appendices de longueur variable, adaptés au résonateur circulaire, font subir à son internœud des accroissements équivalents. En comparant entre eux les résultats donnés par les cinq différents cercles employés, dont l'un en particulier, celui de 36 cm., ne présente un rapport simple de dimensions avec aucun des quatre autres, nous trouvons que : *L'internœud d'un résonateur circulaire est sensiblement proportionnel à son diamètre.*

De l'ensemble des observations rapportées dans ce mémoire il résulte enfin en dernière analyse que : *Dans le mouvement oscillatoire électrique qui émane d'un excitateur Hertzien, on peut révéler une onde d'une grandeur quelconque entre certaines limites. Le système ondulatoire produit par l'excitateur doit par conséquent contenir toutes les longueurs d'onde possibles entre ces limites, chaque résonateur choisissant dans cet ensemble complexe, pour en montrer les ondes stationnaires, l'ondulation dont la période correspond à la sienne propre. C'est donc ce qu'on peut appeler* LA RÉSONANCE MULTIPLE *des ondulations électriques, comme on a déjà appelé* RÉSONATEURS *les appareils destinés à mettre en évidence ce mouvement ondulatoire électrique lui-même.*

NOTE

SUR LA

RÉGULARISATION DU LAC LÉMAN EN 1889

PAR

M. Th. TURRETTINI

BASÉE

SUR LES OBSERVATIONS LIMNIMÉTRIQUES FAITES A SÉCHERON

PAR

M. Ph. PLANTAMOUR

Avec planche XI.

Une note[1] sur la régularisation du lac Léman, en 1888, a paru dans le numéro de février 1889 des *Archives des sciences*. Cette note consignait les résultats obtenus dans une première année d'expérience, mais ces résultats n'étaient pas encore absolument complets, car certains obstacles s'opposaient encore au libre écoulement du Rhône.

L'année 1889 présente donc, outre l'intérêt d'une

[1] Note sur la régularisation du lac Léman en 1888, par M. Th. Turrettini. *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève,* février 1889, tome XXI.

première année d'expérience complète, la circonstance de certains phénomènes météorologiques qui ont permis de constater l'heureux résultat des travaux destinés à la régularisation du lac.

La planche qui est annexée à cette note contient les indications suivantes :

1° La courbe *noire* indique le niveau du lac dans l'année 1874. On se souvient que c'est sur le niveau des eaux de cette année (dont le régime avait fait l'objet d'une étude jour par jour de la part de M. l'ingénieur Legler) qu'a été étudié le projet d'abaissement de 60 à 65 centimètres des hautes eaux du lac.

2° La courbe *rouge* est la courbe qui fut calculée par M. Legler pour l'année 1874 en supposant les travaux de régularisation exécutés. Cette courbe, calculée par M. Legler pour un limnimètre placé dans le port de Genève, près du pont du Mont-Blanc, a été rapportée sur la planche au limnimètre de Sécheron, pour tenir compte de la pente qui existe entre les deux points (environ 12 centimètres en hautes eaux).

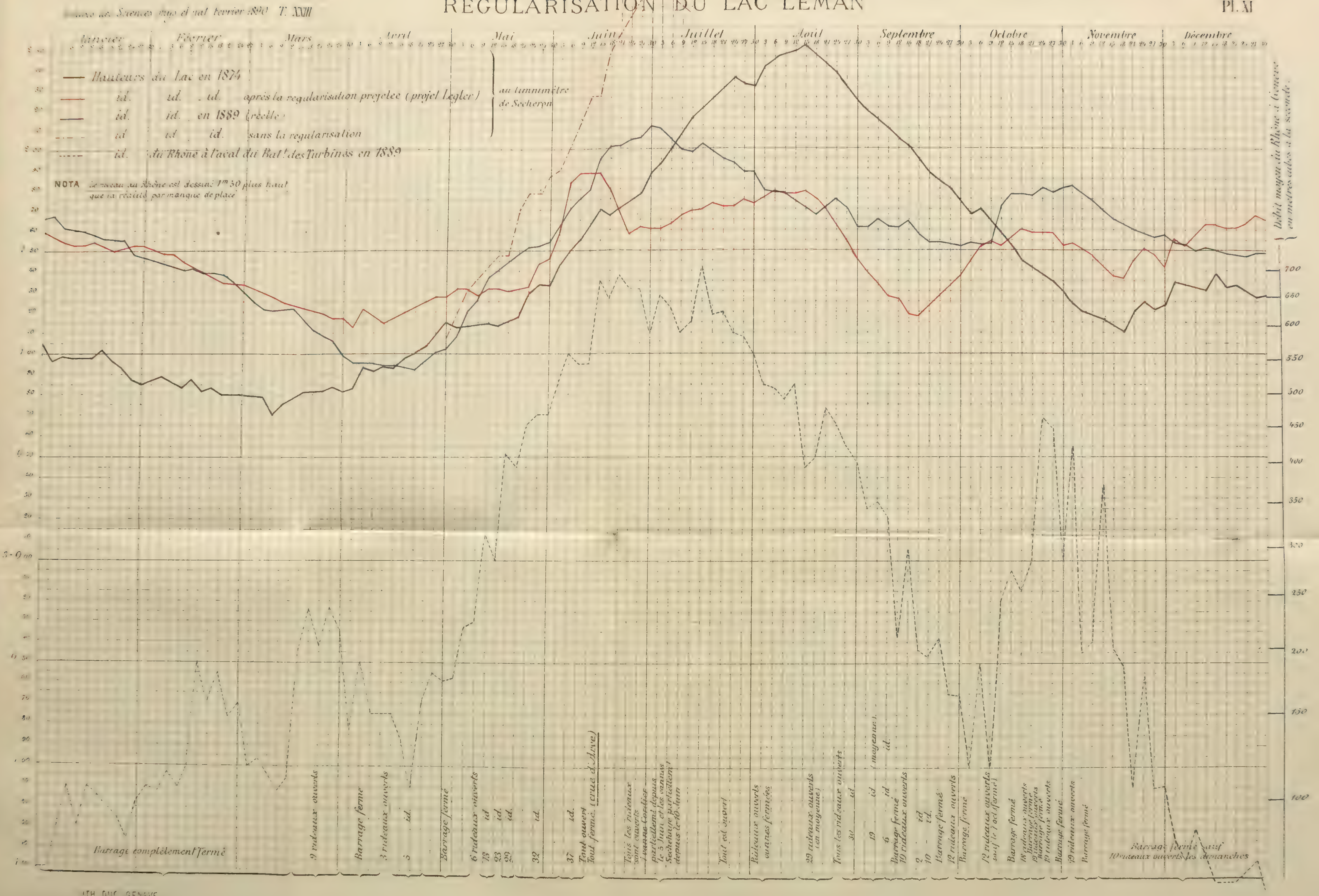
3°. La courbe *bleue* indique le niveau *réel* atteint par le lac en 1889, les travaux de régularisation étant terminés.

4° La courbe *rouge pointillée* indique le niveau calculé qu'aurait atteint le lac en 1889, si les travaux n'avaient pas été faits.

Pour établir cette courbe, l'on s'est servi des chiffres fournis par les jaugeages de M. Legler, en 1874, qui donnaient le débit du Rhône pour chaque niveau du lac.

Connaissant, d'autre part, le nouveau débit du Rhône constaté par une série de jaugeages faits l'an dernier, ainsi que les variations journalières du lac sous l'influence





RÉGULARISATION DU LAC LÉMAN
Pl. XI
Janvier
Février
Mars
Avril
Mai
Juin
Juillet
Août
Septembre
Octobre
Novembre
Décembre
Hauteurs du Lac en 1874
id. id. id. après la régularisation projetée (projet Legler)
id. id. en 1889 (réelle)
id. id. id. sans la régularisation
id. du Rhône à l'aval du Bat^t des Turbines en 1889
au limnimètre de Sécheron
NOTA
Débit moyen du Rhône à Genève en mètres cubes à la seconde
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
Barrage complètement fermé
9 rideaux ouverts
Barrage fermé
3 rideaux ouverts
Barrage fermé
6 rideaux ouverts
Tout ouvert
Tout fermé (crue d'Arve)
Tout est ouvert
Rideaux ouverts
29 rideaux ouverts (en moyenne)
Tous les rideaux ouverts
Barrage fermé
19 rideaux ouverts
Barrage fermé
12 rideaux ouverts
Barrage fermé
19 rideaux ouverts
Barrage fermé
Barrage fermé sauf
10 rideaux ouverts les dimanches
LITH. DUC, GENÈVE

des excédants des entrées sur les sorties et *vice versa*, l'on a pu faire le calcul inverse de celui qu'avait fait M. Legler pour 1874, et déterminer d'une façon très précise le niveau qu'aurait eu le lac sans les travaux faits à Genève.

Il résulte de cette étude :

a) Que le lac a atteint la cote de PN — 0m,89 (au limnimètre du Jardin anglais PN — 1m,005) dépassant de 0m,295 le niveau des hautes eaux normales ;

b) Que le lac aurait atteint, sans la régularisation, la cote de PN — 0m,18 (au Jardin anglais PN — 0m,33) dépassant ainsi de 0m,71 le niveau réellement atteint et de 1m,005 le niveau normal des hautes eaux.

Cette cote de PN — 0m,18 n'a été dépassée dans ce siècle qu'en 1816, 1817 et 1846.

Les eaux de 1889 auraient été de 0m,04 plus élevées que celles de 1879 et de 0m,07 plus élevées que celles de 1877.

La crue a eu lieu extraordinairement tôt dans l'année, sous l'influence des grandes pluies et des chaleurs exceptionnelles de juin.

Elle a atteint son maximum le 30 juin. Sans les travaux de régularisation, ce maximum aurait été atteint le 2 juillet.

Les entrées moyennes du mois de juin 1889 ont atteint 661 mètres cubes par seconde.

Le maximum des apports est survenu le 15 juin avec 1330 mètres cubes par seconde.

Cette masse d'eau a causé une crue de 153 millimètres en vingt-quatre heures, la plus forte crue du siècle après celle du 2 octobre 1888 (208 millim.).

5° La courbe *bleue pointillée* représente le niveau du Rhône en aval du bâtiment des turbines. Une échelle

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.

1889

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.672	1.452	1.280	0.959	1.046	1.567	2.108	1.832	1.608	1.527	1.827	1.576
2	1.683	1.440	1.271	0.950	1.071	1.589	2.102	1.805	1.608	1.532	1.825	1.556
3	1.680	1.438	1.259	0.954	1.088	1.625	2.102	1.798	1.614	1.530	1.805	1.543
4	1.687	1.455	1.246	0.949	1.109	1.670	2.076	1.795	1.644	1.530	1.774	1.533
5	1.641	1.455	1.233	0.947	1.139	1.694	2.086	1.795	1.655	1.531	1.771	1.531
6	1.627	1.425	1.222	0.955	1.190	1.702	2.055	1.788	1.655	1.525	1.775	1.526
7	1.624	1.418	1.214	0.950	1.223	1.719	2.047	1.783	1.650	1.521	1.781	1.515
8	1.619	1.422	1.207	0.943	1.249	1.735	2.018	1.783	1.637	1.511	1.762	1.514
9	1.611	1.411	1.204	0.938	1.266	1.753	1.997	1.778	1.619	1.527	1.746	1.498
10	1.612	1.407	1.199	0.953	1.298	1.781	1.988	1.758	1.618	1.622	1.739	1.488
11	1.607	1.389	1.197	0.952	1.348	1.796	1.984	1.744	1.613	1.685	1.711	1.484
12	1.606	1.427	1.211	0.944	1.369	1.793	1.980	1.740	1.606	1.710	1.696	1.504
13	1.601	1.436	1.210	0.944	1.380	1.776	1.986	1.755	1.620	1.744	1.681	1.502
14	1.602	1.373	1.207	0.937	1.394	1.805	2.003	1.754	1.633	1.764	1.667	1.503
15	1.589	1.399	1.222	0.937	1.402	1.958	2.023	1.713	1.643	1.774	1.654	1.502
16	1.578	1.413	1.231	0.931	1.418	1.991	2.006	1.675	1.648	1.770	1.643	1.499
17	1.568	1.403	1.174	0.942	1.425	2.001	1.993	1.681	1.616	1.773	1.634	1.492
18	1.562	1.396	1.160	0.928	1.444	2.005	1.994	1.672	1.585	1.771	1.624	1.479
19	1.549	1.388	1.132	0.915	1.460	1.988	1.993	1.661	1.572	1.770	1.615	1.474
20	1.543	1.375	1.125	0.915	1.463	1.981	1.985	1.673	1.555	1.758	1.609	1.471
21	1.558	1.386	1.119	0.919	1.478	2.013	1.955	1.705	1.541	1.757	1.602	1.474
22	1.560	1.381	1.125	0.938	1.485	2.019	1.929	1.709	1.503	1.785	1.594	1.466
23	1.549	1.372	1.114	0.963	1.499	2.031	1.937	1.741	1.534	1.807	1.589	1.467
24	1.557	1.353	1.091	0.971	1.509	2.043	1.931	1.750	1.545	1.794	1.575	1.465
25	1.503	1.339	1.074	0.994	1.511	2.048	1.907	1.739	1.534	1.789	1.548	1.486
26	1.489	1.326	1.066	1.007	1.512	2.049	1.872	1.720	1.543	1.797	1.566	1.490
27	1.483	1.312	1.059	1.003	1.513	2.056	1.884	1.707	1.539	1.775	1.559	1.491
28	1.481	1.292	1.043	1.005	1.524	2.072	1.918	1.681	1.532	1.770	1.577	1.484
29	1.474	.....	1.012	1.004	1.534	2.089	1.915	1.649	1.529	1.785	1.571	1.481
30	1.468	.....	0.987	1.025	1.542	2.110	1.886	1.618	1.518	1.806	1.567	1.478
31	1.459	.....	0.968	.....	1.552	.....	1.857	1.605	.....	1.820	.....	1.479

(*bleue*) placée à droite de la planche donne les débits moyens du Rhône en mètres par seconde rapportés au niveau du fleuve.

Il résulte de ces données sur le Rhône que son débit maximum a atteint, le 20 juin, 706 mètres cubes par seconde.

Avec l'ancien régime, le débit maximum du Rhône aurait été de 580 mètres cubes à la date du 3 juillet.

Au bas de la planche, on peut suivre les manœuvres exécutées pour l'ouverture et la fermeture des divers barrages dans le but de maintenir le lac aux hauteurs prévues par la convention intercantonale.

Au commencement de l'année 1889, le Conseil administratif de la Ville de Genève reçut de l'État de Vaud la demande d'abaisser le niveau du lac, dans le mois d'avril, en-dessous des cotes des basses eaux prévues, afin de permettre l'exécution de certaines fondations sur divers points des rives du lac. La Ville de Genève a acquiescé à cette demande et la cote minima PN — 2^{m},07 a été atteinte le 21 avril 1889. La cote normale des basses eaux est PN — 1^{m},90.

Le 15 juin, le barrage à rideaux a été fermé pendant quelques heures sur une dépêche de la Municipalité de Seyssel, qui craignait une catastrophe à la suite de la crue extraordinaire de l'Arve.

COMPOSITION

DE

QUELQUES SCHISTES ARDOISIERS

DU VALAIS ET DE SAVOIE

PAR

MM. L. DUPARC et J. RADIAN

Les quelques schistes ardoisiers dont nous donnons les analyses dans le travail qui suit appartiennent tous au terrain carbonifère et à l'exception d'un seul, celui de Servoz en Savoie, proviennent du Valais. La plupart d'entre eux sont exploités et fournissent des matériaux de construction qui jouissent d'une certaine réputation. Bien que plusieurs de ces schistes aient déjà fait l'objet de recherches; celles-ci effectuées dans un but industriel sont nécessairement incomplètes au point de vue scientifique et n'ont du reste pas été publiées. A notre connaissance le seul travail traitant sommairement des schistes du Valais est celui de M. le prof. Brunner [2] qui, dans

[1] Brunner. Ueber Wertbestimmung der Dachschiefer (*Wochenschrift*).

une série de recherches comparatives effectuées dans le but de déterminer la valeur technique des schistes ardoisiers, s'est occupé de quelques-uns d'entre eux, principalement en vue de leur imbibition ainsi que de leur teneur en pyrite et carbonates.

Les différents spécimens du Valais examinés par nous proviennent de quatre localités, à savoir : Outre-Rhône, Salvan, Sembrancher, Isérable. Bien que semblables aux schistes d'autres pays; ils se distinguent microscopiquement entre eux par certaines différences soit dans la structure, soit dans le grain, la couleur et le degré de chistosité. Cette dernière n'y est du reste jamais très développée comme c'est le cas pour d'autres ardoises (celles de Servoz par exemple) qui se laissent débiter en feuillets excessivement minces. C'est même ce qui constitue un des seuls reproches qu'on peut faire à certains d'entre eux qui chargent trop les toitures dont on les couvre.

Leurs propriétés physiques varient passablement selon les échantillons. La dureté comprise entre $2\frac{1}{2}$-3 peut cependant atteindre le chiffre de $4\frac{1}{2}$. Les densités que nous avons généralement obtenues, un peu plus faibles que celles données pour les mêmes schistes, sont comprises entre 2,75 et 2,9. Ces densités ne paraissent pas toujours bien en rapport avec la composition des échantillons, fait qui se retrouve pour d'autres schistes de provenance fort diverse et étudiés par différents auteurs.

Quant à leurs réactions, ils sont tous difficilement fusibles au chalumeau, quelques-uns même sont complètement infusibles, les acides étendus les attaquent à chaud comme à froid, faiblement, il est vrai, c'est principalement du fer qui entre en solution accompagné de petites quantités d'autres éléments. Ils renferment de l'eau qui

ne se dégage qu'à une température relativement élevée et qui peut quelquefois être accompagnée de matières volatiles, cette eau est différente de celle hygroscopique qui se trouve toujours en faible quantité. Ils sont tous exempts de carbonates, en revanche la pyrite et le graphite y font rarement défaut, la première en faible proportion, le second pouvant atteindre jusqu'à 3 °/₀.

Leur composition chimique bien que variant beaucoup d'un échantillon à l'autre montre cependant certains traits communs chez les schistes du Valais. Ainsi la silice y excède presque toujours 60 °/₀ le maximum de cet élément étant de 69, chiffre relativement très élevé. Une grande partie de cette silice existe à l'état de quartz, comme on peut aisément le voir sous le microscope. La proportion d'alumine y est en moyenne de 20 °/₀ avec un écart de 2 °/₀ en plus ou en moins. Le fer qui y oscille beaucoup plus que l'alumine est à l'état ferreux et ferrique, le premier excédant généralement le second. Enfin les alcalis sont compris entre 4 ½ et 7 °/₀ ; c'est toujours la potasse qui prédomine sur la soude. Les différentes régions d'un même échantillon présentent une composition assez constante pour les ardoises que nous décrivons ici, fait qui n'a pas toujours lieu dans d'autres cas comme nous l'avons maintes fois constaté.

Microscopiquement, l'étude du reste fort sommaire que nous avons faite de ces ardoises, montre qu'elles ressemblent en tous poiuts aux schistes des terrains plus anciens, il nous paraît cependant que les éléments clastiques y sont plus abondants principalement sous forme de fines lamelles de muscovite et de grains de quartz dont la grosseur ainsi que le nombre varie selon les schistes. Les plus riches en cet élément sont les schistes

de Salvan que nous désignons plus loin sous le nom de type grenu. Ces grains sont généralement de contour irrégulier, quelques-uns d'entre eux possèdent des inclusions liquides de forme ovoïde munies de leur libelle. Nous en avons compté jusqu'à 6 dans un seul grain de quartz.

Entre les éléments clastiques on voit des traînées de matière chloritoïde de couleur verdâtre, ainsi que des plages d'une chlorite verte que nous avons surtout rencontrée dans un échantillon de Salvan. Çà et là on trouve des grains opaques disséminés, ou concentrés en certains points et qui sont de la pyrite, peut-être aussi de l'oxyde de fer. Enfin on distingue les microlithes caractéristiques qui ont été déterminés comme du Rutile ces dernières années, mais que nous nous proposons néanmoins d'examiner de plus près. Il faut signaler aussi le graphite qui se trouve distribué dans toute la masse et qui peut être très abondant dans certains cas.

Schistes d'Outre-Rhône.

Ils sont exploités sur la rive droite du Rhône et appartiennent à la formation carbonifère qui, sur la rive gauche se continue jusqu'à Salvan. Ils sont intercalés dans le poudingue de Vallorsine.

Le fragment examiné, de couleur grise, est plutôt rude au toucher. Il est émaillé de fines lamelles de muscovite. Par pulvérisation il donne une poussière gris clair qui ne salit pas les doigts. Cette poudre chauffée dans le tube dégage de l'eau et change de couleur.

Les acides étendus attaquent faiblement ce schiste comme il a été dit précédemment. Au chalumeau il fond en minces éclats et donne un émail blanc grisâtre. Il

manque complètement de carbonate mais renferme quelque peu de pyrite ainsi que du graphite.

Dureté = 3. Densité = 2,752.

Analyse :

SiO_2	=	61,62
Al_2O_3	=	22,21
Fe_2O_3	=	1,97
FeO	=	2,48
FeS_2	=	0,20
CaO	=	0,74
MgO	=	0,87
K_2O	=	5,04
Na_2O	=	1,50
* H_2O	=	0,17
C	=	0,69
Perte au feu	=	2,91
		100,40

Schistes de Salvan.

Nous en avons examiné deux types différents. Le premier, de couleur noirâtre, est d'un grain plutôt fin et d'apparence homogène; il provient de la carrière de Bioley. Le deuxième comprenant deux spécimens que nous désignons sous les noms de type grenu nº I et II, est essentiellement différent. Son grain grossièrement grenu ; sa rugosité, sa grande dureté et sa couleur peu foncée le font aisément reconnaître, non seulement du premier type, mais encore des autres schistes examinés. Les éléments clastiques (quartz) y sont très abondants,

* Eau hygroscopique.

ce qui explique la forte proportion de silice renfermée dans ces ardoises.

Salvan, Ier type (Bioley).

L'échantillon que nous avons eu entre les mains est dû à l'obligeance de M. le Dr Weber. Il est gris noirâtre, uniforme et d'une pâte homogène micacée. Sa poussière gris clair change de couleur après calcination. Il se comporte vis-à-vis des acides comme l'ardoise précédente. Au chalumeau il fond sur les bords difficilement en minces éclats et donne un émail blanchâtre. Il est exempt de carbonate mais renferme aussi un peu de pyrite. L'ensemble de sa composition chimique est assez analogue à celle d'Outre-Rhône comme on le voit dans l'analyse qui suit :

Dureté = $2\frac{1}{2}$-3. Densité = 2,799.

Analyse :

SiO_2	=	60,72
Al_2O_3	=	22,14
Fe_2O_3	=	—
FeO	=	5,62
FeS_2	=	0,47
CaO	=	0,68
MgO	=	0,97
K_2O	=	4,74
Na_2O	=	2,44
H_2O	=	0,14
C	=	0,98
Perte au feu	=	2,26
		101,16

Salvan (type grenu), n° I.

Cette ardoise est de couleur grise; de structure grenue et très compacte. La schistosité y est peu développée; la surface de l'ardoise montre de nombreuses paillettes de mica. La poussière en est gris très pâle et change légèrement de teinte après la calcination. Elle présente du reste toutes les réactions des précédentes. Au chalumeau elle fond très difficilement et seulement sur les bords en éclats très minces. Elle ne renferme ni carbonates, ni pyrite.

Dureté = 3 $\frac{1}{2}$-4. Densité = 2.902.

Analyse :

SiO^2	=	64,20
Al_2O_3	=	20,67
Fe_2O_3	=	—
FeO	=	4,13
FeS_2	=	—
CaO	=	0,63
Mgo	=	0,52
K_2O	=	5,53
Na_2O	=	0,84
H_2O	=	0,20
C	=	0,45
Perte au feu	=	2,11
		99,28

Schiste de Salvan (type guenu), n° II.

Il est très semblable au précédent, sa structure est encore plus grossièrement grenue et sa couleur plus claire.

La poussière en est presque blanche. Réactions identiques aux précédentes, il est de plus complètement infusible au chalumeau. Le charbon, la pyrite et les carbonates y font absolument défaut. C'est de toutes les ardoises que nous avons étudiées la plns riche en silice.

Dureté = 4-4 $\frac{1}{2}$. Densité = 2.819.

Analyse :

SiO_2	=	69,08
Al_2O_3	=	16,95
Fe_2O_3	=	1,12
FeO	=	5,01
FeS_2	=	—
CaO	=	0,61
MgO	=	0,49
K_2O	=	3,70
Na_2O	=	1,56
C	=	—
H_2O	=	0.20
Perte au feu	=	2,15
		100,87

Schistes de Sembrancher.

Les ardoises de Sembrancher sont de couleur noirâtre, légèrement rudes au toucher, de structure très finement grenue; la poussière en est grise. Les acides attaquent ce schiste de même que les précédents, c'est surtout le fer (2,85 °/₀) qui entre en solution. L'échantillon examiné est complètement exempt de carbonates, fait que nous

avons vérifié à l'aide du microscope, comme du reste pour tous les autres schistes. Nous ajouterons toutefois que la présence des carbonates en petite quantité, il est vrai, a été signalée par d'autres auteurs dans les mêmes schistes. Nous sommes donc ici en présence d'une différence qui, du reste, est sans importance et vraisemblablement accidentelle. Il est à remarquer que chez les ardoises où les carbonates sont véritablement partie constituante, leur teneur peut varier considérablement d'un échantillon à l'autre. Au chalumeau l'ardoise de Sembrancher fond difficilement et donne un émail blanc sale. Sa dureté varie légèrement selon les régions.

Dureté = $2\frac{1}{2}$-3. Densité = 2.772.

Analyse :

SiO_2	=	58,90
Al_2O_3	=	21,54
Fe_2O_3	=	3,62
FeO	=	4,58
FeS_2	=	0,47
CaO	=	0,96
MgO	=	0,94
K_2O	=	3,05
Na_2O	=	1,49
H_2O	=	0,22
C	=	1,25
Perte au feu	=	3,33
		100,35

Schistes d'Iserable.

Il est de couleur noire, à éclat légèrement soyeux, lui-

sant et doux au toucher. Sa pâte fine et homogène donne, pulvérisée une poussière noirâtre. Il se comporte vis-à-vis des réactifs et de la chaleur comme les précédentes. Au chalumeau il fond difficilement en minces éclats et donne un émail noirâtre. Exempt de carbonates, il renferme seulement un peu de pyrite, c'est des ardoises du Valais étudiées celle qui contient le plus de graphite.

Dureté = $2\frac{1}{2}$. Densité = 2.807.

Analyse :

SiO_2	=	60,90
Al_2O_3	=	18,70
Fe_2O_3	=	4,70
FeO	=	3,55
FeS_2	=	0,63
CaO	=	0,88
MgO	=	2,01
K_2O	=	3,97
Na_2O	=	1,63
H_2O	=	0,15
C	=	3,18
Perte au feu	=	1,18
		101,48

Schistes de Servoz (Savoie).

Ces ardoises appartiennent au terrain houiller, largement distribué dans les environs de Servoz. On les exploite sur les pentes du Brévent et à la montagne de

Pormenaz. D'après M. G. de Mortillet, bien que leur couleur soit inaltérable, leur résistance aux différents agents atmosphériques est fort diverse, car tandis que les unes résistent très longtemps, d'autres au contraire sont rapidement délitées. M. A. Favre[1] dans le chapitre qu'il consacre au massif du Brévent et des Aiguilles-Rouges, dit quelques mots des schistes de Servoz ainsi que des empreintes végétales (fougères) qu'on y rencontre, il mentionne certaines stries plus ou moins irrégulières qui s'observent sur leur surface et leur donne souvent un aspect fibreux.

L'échantillon examiné est de couleur noire, très schisteux, il se laisse séparer en plaques fort minces. Sur la surface de l'ardoise on remarque les stries dont parle M. Favre. La pâte en est très fine, au toucher graphitique salissant les doigts, çà et là on voit quelques rares lamelles de mica. Sa poussière noirâtre change de couleur après calcination. Cette ardoise est attaquée par les acides étendus comme les précédentes. Dans le tube elle dégage une eau légèrement ammoniacale. Au chalumeau elle fond mais seulement en minces éclats et donne un émail gris blanchâtre. Ce schiste est assez différent de ceux du Valais par sa composition chimique, il est plus pauvre en silice et plus riche en bases. Il est également exempt de carbonates. C'est de toutes les ardoises examinées la plus riche en carbone.

Dureté = 2-2 $\frac{1}{2}$. Densité = 2.754.

[1] Favre, Géologie de la Savoie.

Analyse :

SiO_2	=	50,17
Al_2O_3	=	24,34
Fe_2O_3	=	1,69
FeO	=	6,49
FeS_2	=	0,78
CaO	=	1,97
MgO	=	1,24
K_2O	=	5,32
Na_2O	=	0,64
H_2O	=	0,90
C	=	5,15
Perte au feu	=	1,25
		99,94

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

R. Nietzki et Ludwig Schmidt. Sur le tétraamidobenzol. (*Berichte,* XXII, 1648, Bâle.)

Le tétraamidobenzol dans lequel les 4 groupes NH_2 sont voisins s'obtient par la réduction de la dichinoyltétroxime

NOH
NOH
NOH
NOH

obtenue elle-même par l'action de l'hydroxylamine sur la dinitrosorésorcine; ce corps a les propriétés des orthodiamines et avec le diacétyle donne une dichinoxaline caractéristique. La dichinoxaline forme des aiguilles jaunes d'or fusibles vers 218°.

$N—CCH_3$
$—N—CCH_3$
$—N—CCH_3$
$N—CCH_3$

Le sulfate de la base fondu avec de l'acétate de soude donne une base éthénylique triacétylée ayant pour formule constitutionnelle

N
C$_2$H$_3$
—N COCH$_3$
—NHCOCH$_3$
NHCOCH$_3$

fusible à 260°, et qui dissoute dans l'acide chlorhydrique et précipitée par l'ammoniaque se transforme en base diacétylée ayant probablement la constitution

N═══C$_2$H$_3$
—NH
—NHC$_2$H$_3$O
NHC$_2$H$_3$O

fusible à 176°.

Ces deux dérivés acétylés dissous dans l'acide sulfurique dilué et évaporés à consistance sirupeuse, puis précipités par l'alcool donnent l'un et l'autre la même base $C_{10}H_{10}N_4$, aiguilles fusibles à 145° qui sont un diéthényltétramidobenzol.

Henri Brunner. Analyse chimique qualitative. Lausanne, F. Rouge, éditeur.

Le *Guide pour l'analyse chimique qualitative* que M. H. Brunner vient de faire paraître, est un de ceux que l'on peut certainement recommander à l'attention des chimistes.

Il existe déjà, il est vrai, une foule de guides semblables, mais un petit nombre seulement, à notre avis, remplissent réellement leur but. Combien y a-t-il en effet de pareils livres se bornant à décrire jusque dans les plus petits détails les moyens connus et employés dans l'analyse, mais dans lesquels l'auteur semble oublier qu'il faut avant tout intéresser le commençant et lui expliquer rationnellement les procédés

employés. Quel non-sens que de vouloir faire un analyste adroit quand auparavant il ne se rend pas un compte exact de ce qu'il fait, chimiquement parlant, et des raisons qui le guident.

Le livre de M. Brunner a, il est vrai, un peu aussi ce défaut-là, cependant à un bien moindre degré que la plupart des traités semblables. Comme compensation, du reste, il a de grandes qualités, entre autres de contenir sous une forme brève et claire un grand nombre de renseignements très utiles pour ceux qui ont à s'occuper couramment d'analyses. M. Brunner consacre ainsi un chapitre complet à l'analyse pyrognostique de Bunsen, sujet à peine traité dans d'autres ouvrages analogues. Il est même étonnant que ce moyen d'analyse qualitative qui offre souvent de grands avantages sur les méthodes habituelles, soit si peu utilisé. Grâce à ce procédé, par exemple, il est possible souvent de faire une analyse en un temps fort court, tout en ne disposant que d'une quantité minime de substance. Une autre raison encore, nous semble-t-il, militerait en faveur de l'enseignement courant de l'analyse pyrognostique : elle oblige celui qui veut s'en servir à devenir adroit et même fort adroit, ce qui est une qualité essentielle pour un analyste. M. Brunner donne aussi dans son livre de précieuses indications sur la recherche des éléments « rares. » Il a bien raison, car l'emploi de certains d'entre eux tend à augmenter et d'un autre côté les chimistes savent maintenant que ces éléments dits « rares » sont au contraire souvent très fréquents, quoique, il est vrai, en proportions plutôt minimes. Combien de traités d'analyse ne mentionnent même pas le molybdène, le vanadium, le titane, l'iridium, le sélénium, l'urane, le lithium, etc., éléments bien fréquents cependant.

En somme donc et pour résumer, ce *Guide* de M. Brunner marque un progrès sérieux sur les autres traités élémentaires pareils et peut être chaudement recommandé à tous les chimistes.

C. D.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 16 janvier 1890.

M. Micheli. Rapport annuel.

M. Marc Micheli, président sortant de charge, lit son rapport sur la marche de la Société pendant l'année 1889.

Séance du 6 février.

Schweinfurth. Rapports entre la flore de l'Arabie Heureuse et celle de l'Égypte. — De Candolle. Observations sur ce sujet. — Phil. Guye. Chimie moleculaire. — Forel. Genèse du lac Léman. — Ad. D'Espine. Recherches experimentales sur le bacille diphtéritique. — Al. Herzen. De la prédisposition à la putréfaction et aux infections. — L. Duparc et Hip. Gosse. Sur le sidérolithique du Salève.

Au nom de M. le Dr A. Schweinfurth, M. E. Autran donne lecture d'un mémoire de ce dernier *sur certains rapports entre l'Arabie Heureuse et l'ancienne Égypte,* résultant de son dernier voyage au Yemen.

Pendant l'hiver 1888-1889, le Dr Schweinfurth, parti de Hadeidah, a rayonné dans les montagnes autour de Sana et a rapporté un riche butin de plantes.

Le principal but de ce voyage était de constater avec certitude l'identité d'un certain nombre de plantes décrites par Forskal il y a plus de cent vingt-cinq ans. En effet, depuis le

voyage de ce savant élève de Linné, le Yemen n'avait été soigneusement exploré que par M. A. Deflers, en 1887.

Plusieurs des végétaux utiles à l'homme et cultivés par lui ont trouvé leur chemin vers les pays septentrionaux par l'intermédiaire de l'Arabie Heureuse (par exemple le cédratier et le bigoradier); quelques-uns paraissent ici avoir été cultivés pour la première fois pour l'usage de l'homme (le caroubier, le grenadier, le canavalia et peut-être le figuier commun).

Le cadeau des temps actuels que nous a fait l'Arabie, c'est le café. Son usage s'est répandu avec une rapidité tout à fait extraordinaire.

Puis, dès les temps anciens, c'étaient les substances aromatiques, l'encens et la myrrhe, qui, récoltés dans le pays même ou dans les régions voisines, étaient l'objet d'un grand commerce d'exportation.

Un des résultats du voyage de M. Schweinfurth a été de pouvoir établir que l'énigmatique pays de Punt, d'où les Égyptiens tiraient leurs aromates, n'était pas situé uniquement sur la côte africaine, mais bien des deux côtés de la partie méridionale de la mer Rouge. En effet, l'autre désignation du pays de Punt, « montagne à gradins, » se trouve déjà littéralement employée comme telle pour un district spécial de l'Arabie Heureuse.

Les anciens Égyptiens s'appliquaient à cultiver certains arbres qui étaient dédiés à des divinités spéciales, tel que le sycomore l'était à Hathor. Cet arbre était d'origine étrangère, de l'Éthiopie; il pouvait aussi bien venir du sud de l'Arabie que de l'Abyssinie. Strabon et Diodore l'attestent. D'après Forskal, le sycomore devait se rencontrer dans le Yemen à l'état sauvage. Le Dr Schweinfurth l'y a effectivement trouvé dans de nombreuses localités, et, preuves en mains, il a pu établir que le figuier connu dans le Yemen sous les noms de Chanés et de Bourra est absolument identique au sycomore égyptien et que son lieu d'origine se trouve incontestablement dans ce pays.

M. Alph. DE CANDOLLE fait ensuite observer que M. Deflers,

dans sa flore récente du Yemen (page 143), n'a vu nulle part le caféier spontané en Arabie et soutient l'opinion ancienne qu'il y a été introduit comme plante cultivée du pays des Gallas et d'Harrar, en Afrique.

Le commerce des aromates était jadis très important à Socotora, où M. Balfour a trouvé les arbres à encens bien spontanés aujourd'hui. Ce n'est pas à dire qu'il n'y en eût aussi ailleurs. Deflers en parle (page 120).

M. Ch.-Eug. Guye communique, au nom de son frère, M. Ph. Guye, les résultats d'un travail de *chimie moléculaire*. En s'appuyant sur les théories de MM. van der Waals, Lorentz et Lorenz, M. Ph. Guye a démontré que le coefficient critique d'un corps (rapport de la température critique absolue à la pression critique) est proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire. De là résulte que le poids moléculaire M d'un corps, au point critique, est donné par la relation

$$M = 1{,}8 \frac{x}{R},$$

dans laquelle x représente le coefficient critique, R le pouvoir réfringent spécifique.

Cette relation a été vérifiée dans une cinquantaine de cas pour lesquels on connaît les constantes numériques nécessaires. Ces vérifications peuvent être considérées comme générales, car elles concernent des corps simples et composés, des dérivés inorganiques et organiques, des bases et des acides, des fonctions organiques variées, telles que : hydrocarbure, alcool, cétone, amine, éthers de types différents, composés halogénés, sulfurés, etc.

On peut, en outre, déterminer des coefficients atomiques critiques au moyen desquels on peut calculer *a priori* le coefficient critique d'un composé quelconque en faisant la somme des coefficients critiques des atomes constituant la molécule.

Indépendamment de l'intérêt physique que peut avoir la relation ci-dessus et des rapports tout à fait inattendus qu'elle établit entre une constante optique et une constante thermique, cette relation donne la clef de la constitution molécu-

laire des corps au point critique, c'est-à-dire dans les conditions où un gaz et un liquide peuvent exister comme tels simultanément. Les poids moléculaires ainsi trouvés étant précisément ceux donnés par la loi d'Avogadro et d'Ampère à l'état gazeux, il faut en conclure que les liquides au point critique ont en général la même constitution que les gaz, contrairement à l'opinion admise par quelques savants, qui estiment que les molécules des liquides sont des multiples des molécules gazeuses.

M. F.-A. Forel expose ses idées *sur la genèse du lac Léman.* Il écarte les théories qui cherchent dans des phénomènes orographiques ou dans l'action des glaciers, l'excavation de la cuvette du lac. Il estime, au contraire, avec Rütimeyer, que c'est à l'érosion par l'eau courante qu'est dû le creusement de la vallée du Rhône, et spécialement de la cluse du Bas-Valais, qui s'étend de Martigny au lac Léman. Il n'y a pas lieu de séparer au point de vue de la genèse, comme le voulait Desor, le Haut lac du Grand lac et du Petit lac, ces trois parties appartenant à une même vallée d'érosion qui, après avoir draîné le Valais et les Alpes antérieures, amenait leurs eaux par une pente continue jusqu'à la mer.

Sur cette vallée, la cuvette du Léman peut avoir été formée, ou bien par soulèvement de l'extrémité occidentale, dans la région de Genève ou du Jura, ou par enfoncement de la région même du lac et de son extrémité orientale. C'est à cette dernière hypothèse que M. Forel s'attache.

Le plafond actuel du lac est à l'altitude absolue de 66 mètres (env. 63 mètres); si l'on déduit de cette cote la valeur inconnue des alluvions modernes qui ont comblé le lac depuis l'époque glaciaire, et qui ne peuvent être inférieures à une centaine de mètres, on arrive déjà à une altitude négative, inférieure au niveau de la mer; si l'on tient compte de la pente nécessaire de 0.002 environ pour l'écoulement du fleuve jusqu'à la mer, on voit que dans l'hypothèse de creusement de la vallée par érosion aqueuse, il faut admettre qu'il y ait eu affaissement ultérieur de la région orientale du Léman.

Une telle conclusion s'impose encore plus pour les lacs de

l'Insubrie, dont le plafond est actuellement inférieur au niveau marin; elle n'est pas contradictoire avec les faits géographiques des autres lacs du versant nord des Alpes suisses et savoyardes, dont le fond reste supérieur à ce niveau.

M. Forel admet donc qu'à une époque à déterminer, le massif entier des Alpes centrales était de quelque cinq cent mètres plus élevé qu'il ne l'est aujourd'hui, que les grandes vallées des Alpes se sont alors creusées jusqu'à une profondeur correspondant au plafond des grands lacs subalpins, puis que la région dans son ensemble s'est enfoncée en amenant ainsi l'arrêt des eaux dans les vallées transformées en cuvettes de lacs. Le Léman aurait à ce moment-là rempli la vallée du Valais jusqu'à Sierre et peut-être jusqu'à Brigue. Il aurait ensuite été découpé en une série de lacs retenus par les barrages alluviaux des torrents de l'Illgraben et du Bois-Noir; ces lacs auraient les uns après les autres été comblés par l'alluvion du Rhône et de ses affluents, et le Léman actuel serait le dernier reste de ce procès de remplissage.

La position de l'extrémité terminale du Léman, aurait été fixée par le barrage alluvial de l'Arve, en analogie aux barrages du même genre qui s'observent à la sortie de tous les lacs subalpins du versant nord des Alpes.

Quant à la complication du relief du Petit lac composé d'une série de cuvettes peu profondes, séparées par des barres peu saillantes, M. Forel l'attribue à des moraines glaciaires déposées pendant la décrue du grand glacier du Rhône dans cette région de la vallée.

Enfin, pour ce qui regarde les dates géologiques de ces faits, on aurait :

a) Premier établissement de la vallée du Rhône dès la première émergence des Alpes ;

b) Soulèvement général progressif du pays alpin avec approfondissement de la vallée pendant les âges jurassiques, crétacés, éocènes, miocènes. L'altitude est encore assez peu élevée pour que la mer éocène puisse encore recouvrir une partie des Alpes antérieures, et la mer miocène la plaine suisse;

c) Grand exhaussement des Alpes à une altitude supérieure à l'altitude actuelle; creusement de la vallée du Rhône par érosion aqueuse (et peut-être glaciairè) jusqu'à un niveau relatif légèrement inférieur au plafond actuel du Léman. Cette période de surexhaussement doit être placée entre l'époque helvétienne (miocène) et la fin de l'époque glaciaire;

d) Affaissement de la région alpine au niveau actuel; remplissage de la vallée d'érosion par les eaux stagnantes; le Léman prolonge son bassin jusque dans le Valais et s'étend jusqu'à Sierre ou Brigue. Cette phase d'affaissement a dû probablement coïncider avec la fin de l'époque glaciaire;

e) Depuis l'époque glaciaire jusqu'à nos jours, partage du Léman valaisan en une série de lacs étagés, lac de Brigue au-dessus de l'Illgraben, lac de Sion au-dessus du Bois-Noir, lac Léman du Bois-Noir à Genève — remplissage successif de ces lacs par les alluvions du Rhône et de ses affluents.

M. L. Rütimeyer supposait que l'ancienne vallée du Rhône s'écoulait vers le nord par la vallée de la Venoge et le lac de Neuchâtel; le vallon de la Venoge semble trop étroit pour justifier de si hautes attributions; du reste, les grandes profondeurs du lac Léman entre l'embouchure de la Venoge et le détroit de Promenthoux, seraient inexplicables dans cette hypothèse. M. Forel préfère chercher l'écoulement dans la vallée actuelle du Rhône de Genève à Bellegarde.

Le Dr A. D'Espine présente un tirage à part d'un mémoire intitulé : *Recherches expérimentales sur le bacille diphtéritique,* par A. D'Espine et E. de Marignac, et en donne un court résumé. (*Revue méd. de la Suisse rom.*, 1890, n° 1 et n° 2.)

Il signale, à propos de l'*épidémie d'influenza,* un travail du Dr Ornstein, médecin militaire en Grèce, qui sépare nettement la dengue de la grippe. Ce travail, intitulé : « Zur Frage über die Dangue, » a paru dans la *Deutsche medicinische Wochenschrift* (1890, page 25).

M. Herzen rappelle les expériences qu'il a faites, il y a

quelque temps déjà, *sur l'influence exercée par l'acide borique sur la fermentation alcoolique et acétique:* une très petite quantité de cet acide ajoutée au moût *favorise* l'activité de la levûre; ajoutée au vin, elle le rend *réfractaire* à l'acétification, à tel point que même inoculé avec du vin en train de devenir vinaigre et fourmillant de microbes, il reste intact et les microbes y périssent.

Or, ces mêmes microbes ne périssent pas et se multiplient au contraire, dans de l'acide acétique au 5 % environ contenant une dose *cent fois* plus forte d'acide borique; ce dernier n'est donc pas un poison pour eux, et ils peuvent vivre d'acide acétique. Si ce fait est exact, les microbes qu'on accuse d'être la cause de la fermentation acétique, n'en sont qu'une conséquence, et l'acide borique préserve le vin non en tuant les microbes, mais en s'opposant à une modification de la constitution chimique du vin, indépendante des microbes et grâce à laquelle le vin devient un terrain favorable à leur développement.

Il en est à peu près de même pour la putréfaction; de petits morceaux de viande trempés dans une solution d'acide borique et placés dans des récipients hermétiquement fermés, se conserveront indéfiniment; mais si l'on prend des morceaux trop gros, les parties centrales, insuffisamment imbues, se modifient dans leur consistence, leur couleur, leur odeur, *en l'absence de microbes ;* mais cette modification *n'est pas de la putréfaction ;* elle le devient seulement si les microbes s'en mêlent. Ici de nouveau il semble que la viande absolument fraîche est réfractaire, et ne devient accessible à l'influence des microbes de la putréfaction qu'après avoir subi une modification indépendante d'eux, qui la *prédispose* à leur succomber. Que font, en effet, ces microbes pendant l'intervalle souvent très long qui s'écoule entre la mort et le début de la putréfaction, dans des cas semblables, par exemple, à celui que M. Brown-Séquard vient de communiquer à la Société de Biologie de Paris, et où aucune précaution antiseptique n'a été prise? L'arrêt des échanges auquel M. Brown-Séquard attribue dans ces cas le retard de la putréfaction, retarde aussi sans doute la modification chimique des tissus

qui doit les rendre accessibles, les *prédisposer* à la putréfaction.

Des faits analogues se passent dans l'organisme vivant, et peuvent dans certains cas nous expliquer en quoi consiste la prédisposition à telle ou telle infection. Ainsi, le tissu musculaire du lapin est réfractaire au charbon symptomatique; le microbe ne s'y multiplie pas et l'animal reste sain; mais si on injecte d'abord un peu d'acide lactique dans le muscle d'un lapin normal, le microbe du charbon symptomatique s'y développe; l'animal est infecté.

L'acide lactique étant un des produits de décompositon les plus constants de l'activité musculaire, M. Herzen a émis l'idée (*Semaine médicale*, 6 mars 1889) qu'il doit suffire de *fatiguer* un animal réfractaire au microbe en question pour supprimer son immunité, pour le *prédisposer* à cette infection.

MM. Charrin et Roger ont entrepris une série d'expériences dans ce sens; ils viennent de communiquer leurs résultats à la Société de Biologie (séance du 19 janvier 1890). Ils se sont servis de rats blancs, dont une partie était forcée d'accomplir un exercice musculaire considérable; les quinze animaux inoculés et laissés au repos, ont presque tous survécu; quatre, il est vrai, ont péri; mais ils avaient reçu une dose énorme de virus; les vingt et un animaux inoculés et fatigués ont presque tous succombé; deux seulement ont survécu; l'un, sans doute, parce qu'il avait reçu une dose de virus beaucoup plus faible que les autres; l'autre — sans cause plausible.

A l'occasion d'observations faites récemment par M. Hipp. Gosse et lui dans une grotte du mont Salève, M. le prof. L. Duparc présente quelques considérations *sur le sidérolithique* de cette montagne. Ces Messieurs reviendront sur ce sujet dans une communication ultérieure.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1890

Le 1er, 3 et 4, brouillard continu, enveloppant pendant les deux derniers jours.
5, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
6, 7, 8 et 9, brouillard enveloppant continu; givre pendant les trois derniers jours.
10, brouillard enveloppant jusqu'à 9 h. du matin; grésil à 11 h. 45 m. du matin; les grains sont transparents, sphériques, d'un diamètre de 1^{mm} à $1^{mm}\ {}^1/_2$; brouillard de 7 h. à 9 h. du soir.
11, brouillard enveloppant très intense le matin, ainsi que de 6 h. à 7 h. du soir.
12, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
13, brouillard pendant tout le jour.
14, 15, 16, 17 et 18, brouillard continu, généralement enveloppant.
19, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; fort vent depuis 10 h. du soir.
20, fort vent à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
21, forte giboulée de neige à 9 h. du matin.
22, fort vent à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
23, très fort vent jusqu'à 9 h. du soir; éclairs au NO. à 7 h. 50 m. du soir, violente bourrasque.
25, brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin; léger brouillard de terre à 9 h. du soir.
27, très forte gelée blanche le matin.
28, faible gelée blanche le matin; hâlo lunaire à 9 h. du soir.
29, neige de 6 h. à 8 h. du soir; forte bise depuis 9 h. du soir.
30, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.
31, très forte bise depuis 1 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 7 à 2 h. matin	744,11	Le 3 à 2 h. soir	724,12
14 à 10 h. matin	736,51	11 à 3 h. soir	731,33
21 à 6 h. soir	727,96	20 à 11 h. soir	721,93
26 à 11 h. matin	735,72	23 à 3 h. soir	713,80
30 à 10 h. matin	733,17	29 à 2 h. soir	719,71
		31 à 4 h. soir	728,09

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	730,64	+ 2,82	729,78	732,35	— 0,49	— 0,28	— 1,8	+ 0,2	794	— 71	760	830	...	...	NNE. 1	1,00	...	.....	131,3
2	726,98	— 0,86	725,33	729,37	— 1,06	— 0,82	— 1,8	0,0	844	— 21	810	880	...	...	ENE. 1	1,00	5,0	—0,5	131,0
3	724,85	— 3,01	724,12	725,99	— 1,61	— 1,35	— 2,4	— 0,7	911	+ 46	890	940	...	...	SE. 1	1,00	4,8	—0,6	130,4
4	727,89	+ 0,02	725,79	731,32	— 1,06	— 0,78	— 2,6	+ 0,4	917	+ 52	900	920	...	...	SSE. 1	1,00	5,2	—0,1	130,0
5	735,39	+ 7,50	731,57	739,29	+ 0,52	+ 0,81	— 1,9	+ 6,0	884	+ 19	780	930	...	...	NNE. 1	0,67	...	.....	131,0
6	742,37	+14,47	739,66	743,96	— 1,47	— 1,46	— 3,1	0,0	921	+ 56	910	940	...	...	SW. 1	1,00	5,2	—0,1	133,2
7	743,30	+15,39	742,12	744,11	— 2,26	— 1,94	— 3,2	— 0,9	936	+ 71	920	960	...	...	SSW. 1	1,00	5,1	—0,1	133,9
8	739,57	+11,66	737,82	741,47	— 2,83	— 2,51	— 4,4	— 1,3	924	+ 59	900	960	...	...	SSW. 1	1,00	5,0	—0,2	132,8
9	738,49	+10,57	737,65	739,77	— 3,52	— 3,20	— 5,1	— 2,3	896	+ 32	880	920	...	...	SW. 1	1,00	4,9	—0,3	129,5
10	735,27	+ 7,35	733,18	737,49	— 1,60	— 1,28	— 6,9	+ 3,5	893	+ 29	850	930	2,0	3	S. 1	1,00	4,9	—0,2	130,0
11	732,21	+ 4,29	731,33	733,41	+ 1,86	+ 2,18	— 1,5	+ 4,3	913	+ 49	810	950	...	...	SW. 1	0,87	5,0	—0,1	129,7
12	733,21	+ 5,29	732,04	734,58	+ 2,84	+ 3,15	+ 0,1	+ 6,3	842	— 21	740	900	0,7	2	calme	0,98	...	.....	129,0
13	734,80	+ 6,88	733,98	735,75	+ 0,64	+ 0,94	— 0,5	+ 3,2	910	+ 47	850	950	...	...	variable	1,00	5,2	+0,2	128,0
14	735,34	+ 7,43	734,59	736,51	— 0,91	— 0,62	— 2,0	0,0	924	+ 62	910	940	...	...	WSW. 0	1,00	5,1	+0,1	130,0
15	734,63	+ 6,73	733,85	735,81	— 2,04	— 1,77	— 3,2	— 0,8	923	+ 61	900	940	...	...	WSW. 0	1,00	5,0	0,0	126,9
16	734,01	+ 6,12	733,05	734,77	— 1,75	— 1,50	— 3,2	— 0,6	920	+ 59	890	940	...	...	SW. 1	1,00	5,0	+0,1	131,5
17	732,60	+ 4,72	732,04	733,15	— 1,79	— 1,56	— 2,8	— 0,9	920	+ 59	910	930	...	...	SE. 1	1,00	5,0	+0,1	130,0
18	730,96	+ 3,09	730,35	732,04	— 2,70	— 2,50	— 4,5	— 0,7	916	+ 56	890	940	...	...	SE. 0	0,98	4,8	—0,1	130,7
19	728,11	+ 0,26	725,39	730,53	+ 2,45	+ 2,63	— 4,8	+ 8,5	794	— 65	620	940	0,6	1	SE. 0	0,92	...	.....	130,4
20	724,40	— 3,43	721,93	725,35	+ 7,51	+ 7,65	+ 4,0	+11,0	696	—162	550	810	9,6	8	SSW. 1	0,98	5,3	+0,4	130,0
21	724,85	— 2,96	722,21	727,96	+ 3,87	+ 3,98	+ 0,8	+ 7,9	722	—136	600	840	17,0	12	SSW. 1	0,98	5,0	+0,1	132,3
22	720,51	— 7,28	717,84	723,62	+ 5,29	+ 5,36	0,0	+ 9,2	710	—147	560	810	8,3	13	SSW. 1	1,00	5,3	+0,5	131,0
23	717,42	—10,35	713,80	719,90	+10,54	+10,57	+ 7,2	+14,2	626	—230	480	820	19,7	18	SSW. 2	0,93	5,9	+1,1	134,5
24	725,93	— 1,81	720,26	729,80	+ 6,74	+ 6,73	+ 4,4	+ 9,7	645	—210	520	740	2,8	4	SW. 1	1,00	6,0	+1,2	139,7
25	730,24	+ 2,53	729,21	731,50	+ 5,91	+ 5,85	+ 4,4	+12,0	870	+ 16	820	920	...	...	calme	0,45	6,3	+1,5	146,0
26	732,03	+ 4,35	728,70	735,72	+ 5,93	+ 5,83	+ 1,3	+11,3	755	— 98	480	910	2,1	4	SSW. 1	0,53	...	.....	146,0
27	734,23	+ 6,58	733,11	735,57	+ 4,81	+ 4,66	— 1,0	+10,6	654	—197	340	850	...	...	SSE. 1	0,75	5,3	+0,5	145,9
28	728,40	+ 0,79	722,67	733,04	+ 5,93	+ 5,72	+ 2,0	+11,5	643	—207	370	820	...	...	calme	0,85	5,5	+0,7	145,0
29	722,68	— 4,89	719,71	729,34	+ 4,26	+ 4,00	— 0,2	+12,0	715	—134	500	910	2,2	2	N. 1	1,00	5,8	+1,0	147,7
30	731,76	+ 4,23	729,74	733,17	+ 0,05	— 0,27	— 2,0	+ 1,4	647	—201	490	790	...	...	NNE. 2	0,08	6,0	+1,2	149,0
31	729,66	+ 2,17	728,09	732,05	— 1,07	— 1,45	— 4,1	+ 2,6	715	—131	630	830	...	...	NNE. 2	0,58	4,9	+0,1	146,0
Mois	731,06	+ 3,69			+ 1,39	+ 1,47			819	— 38						0,89	5,25	+0,14	134,59

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	734,47	734,38	734,55	735,04	734,12	734,07	734,40	734,78
2e »	732,31	732,16	732,50	732,77	731,76	731,56	731,57	731,58
3e »	726,96	726,56	726,90	726,86	726,66	726,76	727,82	727,99
Mois	731,11	730,89	731,17	731,41	730,71	730,67	731,15	731,34
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 2,05	— 2,38	— 2,60	— 1,98	— 0,79	— 0,56	— 0,78	— 1,17
2e »	+ 0,02	— 0,11	— 0,47	+ 0,16	+ 1,44	+ 1,75	+ 1,34	+ 0,75
3e »	+ 3,68	+ 3,55	+ 3,63	+ 5,63	+ 7,05	+ 6,52	+ 4,45	+ 3,51
Mois	+ 0,65	+ 0,45	+ 0,30	+ 1,41	+ 2,71	+ 2,70	+ 1,76	+ 1,11
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	901	903	893	891	876	874	891	907
2e »	904	906	897	864	876	837	844	878
3e »	750	772	781	673	626	605	681	715
Mois	848	857	855	805	787	766	801	829

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	— 3,32	+ 0,49	+ 5,01	0,97	2,0	131,31
2e »	— 1,84	+ 3,03	+ 5,05	0,97	10,9	129,62
3e »	+ 1,16	+ 9,31	+ 5,60	0,74	52,1	142,10
Mois	— 1,25	+ 4,44	+ 5,25	0,89	65,0	134,59

Dans ce mois l'air a été calme 28,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,53 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 3°,5, W. et son intensité est égale à 23,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1890.

Le 1er, fort vent pendant tout le jour; neige jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard.
2, fort vent pendant tout le jour; neige jusqu'à 7 h. du matin, à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.
3, fort vent pendant tout le jour; neige jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard.
4, brouillard pendant tout le jour; fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
10, légère neige à 7 h. du soir.
11, légère neige à 7 h. du matin; brouillard de 1 h. à 4 h. du soir, forte bise depuis 4 h. du soir.
12, neige par une forte bise pendant tout le jour.
13, forte bise depuis 1 h. du soir.
20, neige depuis 1 h. du soir.
21, neige jusqu'à 1 h. du soir; forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir.
22, neige pendant tout le jour.
23, neige pendant tout le jour; fort vent depuis 4 h. du soir.
24, très forte bise pendant tout le jour; neige jusqu'à 10 h. du matin, puis brouillard.
25, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
26, légère neige à 1 h. et à 4 h. du soir; violente bise à 4 h. du soir.
29, brouillard par une forte bise depuis 10 h. du soir.
30, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; forte bise jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
31, forte bise jusqu'à 1 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM

	mm
Le 7 à 10 h. matin	578,12
15 à 10 h. soir	569,87
21 à 7 h. soir	560,75
27 à midi	569,50
30 à 8 h. soir	562,30

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 1 h. soir	561,43
11 à 4 h. soir	564,72
21 à 7 h. matin	556,17
23 à 7 h. soir	554,56
29 à 4 h. soir	556,88
31 à 7 h. soir	558,42

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1890.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	566,62	+ 5,26	566,08	567,08	— 5,66	+ 2,95	— 7,2	— 3,5	200	11,0	....	SW. 2	1,00
2	563,96	+ 2,63	562,95	565,95	— 4,96	+ 3,68	— 6,4	— 2,0	60	7,0	....	SW. 2	1,00
3	562,17	+ 0,86	561,43	563,40	— 6,64	+ 2,03	— 8,2	— 5,0	70	8,5	....	SW. 2	1,00
4	564,73	+ 3,44	563,08	566,78	— 7,26	+ 1,44	— 9,3	— 6,0	.....	.....	....	SW. 2	1,00
5	569,79	+ 8,52	566,83	573,00	— 7,26	+ 1,47	— 8,8	— 4,0	.....	.....	....	SW. 1	0,03
6	575,86	+14,61	573,28	577,95	— 4,47	+ 4,30	— 6,6	0,0	.....	.....	....	SW. 1	0,00
7	577,49	+16,26	576,45	578,12	— 0,97	+ 7,83	— 4,9	+ 2,8	.....	.....	....	SW. 1	0,00
8	574,27	+13,06	572,90	576,40	— 1,21	+ 7,62	— 2,0	+ 2,0	.....	.....	....	SW. 1	0,00
9	572,45	+11,27	571,72	573,20	— 2,21	+ 6,64	— 3,8	+ 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,02
10	569,47	+ 8,32	568,03	571,10	— 2,34	+ 6,53	— 4,0	+ 1,0	.....	.....	....	variable	0,58
11	566,22	+ 5,10	564,72	568,62	— 7,59	+ 1,30	— 8,6	— 2,6	.....	.....	....	NE. 2	0,62
12	566,41	+ 5,31	565,10	567,90	— 4,26	+ 4,65	— 7,8	— 2,0	100	8,6	....	NE. 2	1,00
13	567,48	+ 6,41	566,77	568,30	— 5,06	+ 3,87	— 8,8	— 1,4	.....	.....	....	NE. 2	0,15
14	568,74	+ 7,70	568,25	569,30	— 4,19	+ 4,76	— 5,5	— 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,03
15	569,52	+ 8,51	569,09	569,87	— 0,72	+ 8,25	— 3,2	+ 1,4	.....	.....	....	NE. 1	0,02
16	569,04	+ 8,06	568,63	569,50	— 0,81	+ 8,18	— 2,5	+ 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
17	568,41	+ 7,46	568,17	568,87	— 0,26	+ 8,75	— 3,0	+ 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
18	566,75	+ 5,83	565,64	568,07	— 2,32	+ 6,70	— 4,5	+ 2,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
19	564,34	+ 3,45	561,90	565,60	— 3,77	+ 5,26	— 6,0	— 1,5	.....	.....	....	NE. 1	0,15
20	560,15	— 0,71	557,58	561,70	— 7,16	+ 1,88	—10,2	— 4,3	250	14,0	....	NE. 1	0,87
21	558,14	— 2,68	556,17	560,75	—11,64	— 2,59	—14,4	— 8,5	250	16,5	....	NE. 2	0,72
22	558,02	— 2,77	556,79	560,20	— 9,31	— 0,25	—12,0	— 5,6	300	16,3	....	SW. 1	1,00
23	556,84	— 3,92	554,56	558,62	— 3,26	+ 5,81	— 7,4	— 1,4	540	46,0	....	SW. 2	1,00
24	558,81	— 1,92	555,40	563,75	— 8,79	+ 0,28	— 9,8	— 5,0	120	13,5	....	NE. 3	1,00
25	567,00	+ 6,31	564,35	567,81	— 2,44	+ 6,64	— 6,4	0,0	.....	.....	....	NE. 1	0,20
26	566,68	+ 6,03	565,76	568,82	— 6,99	+ 2,09	—10,8	— 1,0	.....	.....	....	NE. 1	0,38
27	568,88	+ 8,27	567,90	569,50	— 1,49	+ 7,59	—10,8	+ 0,6	.....	.....	....	NE. 1	0,22
28	564,76	+ 4,19	561,60	567,35	— 0,34	+ 8,74	— 2,5	+ 3,3	.....	.....	....	SW. 1	0,25
29	558,22	— 2,32	556,88	561,20	— 7,72	+ 1,36	—12,6	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,32
30	561,17	+ 0,66	559,18	562,30	—14,59	— 5,52	—16,5	—11,5	.....	.....	....	NE. 2	0,22
31	559,86	— 0,62	558,42	562,18	—14,49	— 5,42	—16,6	—11,4	.....	.....	....	NE. 2	0,25
Mois.	565,88	+ 5,39			— 5,17	+ 3,87							0,42

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1890.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	569,68	569,49	569,62	569,90	569,35	569,57	569,81	570,03
2e » ...	567,09	567,01	567,03	566,93	566,35	566,38	566,54	566,33
3e » ...	561,99	561,58	561,39	561,60	561,48	561,38	561,86	562,08
Mois	566,12	565,88	565,86	566,00	565,59	565,63	565,93	566,01

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 4,96	— 4,30	— 2,64	— 3,80	— 4,41	— 4,53
2e » ...	— 4,75	— 3,12	— 1,64	— 3,65	— 3,88	— 3,50
3e » ...	— 7,73	— 6,70	— 5,91	— 6,62	— 8,19	— 7,93
Mois	— 5,87	— 4,77	— 3,48	— 4,75	— 5,58	— 5,40

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	— 6,12	— 1,29	0,46	26,5	330
2e » ...	— 6,01	— 0,23	0,28	22,6	350
3e » ...	—10,89	— 3,95	0,51	92,3	1210
Mois	— 7,78	— 1,89	0,42	141,4	1890

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,64 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 32,3 sur 100.

A PROPOS DE LA CONSTANTE *b*

DE

L'ÉQUATION DE M. VAN DER WAALS

PAR

M. Philippe-A. GUYE

Lorsqu'on cherche à appliquer les formules si importantes de M. van der Waals[1], on est généralement

[1] Je profite de cette occasion pour signaler quelques petites erreurs typographiques dans l'analyse que j'ai publiée des théories de M. van der Waals : *Archives* (3), XXII, 540 :

L'équation de condition qui donne le minimum de pv, p. 545, est

$$\frac{a}{v} = 2\frac{ab}{v^2} + bp \text{ au lieu de } \frac{a}{v} = \frac{ab}{v^2} + bp.$$

L'équation développée par rapport à v, p. 550, est

$$v^3 - \left(b + \frac{(1+a)(1-b)(1+\alpha t)}{p}\right)v^2 + \frac{a}{p}v - \frac{ab}{p} = 0.$$

Dans les équations (16) et (18), p. 560, le dernier terme n'est pas précédé du signe —, mais du signe =, comme dans l'équation (17)

$$(16) \qquad \left(\varepsilon + \frac{3}{n_1 n_3}\right)(n_3 - n_1) = \frac{8}{3} m\, l.\, \frac{3 n_3 - 1}{3 n_1 - 1}.$$

$$(18) \qquad \left(\varepsilon + \frac{3}{n_3^2}\right)(3 n_3 - 1) = 8 m.$$

arrêté par la difficulté suivante : Toutes ces formules contiennent comme constantes la température critique et la pression critique, ou, tout au moins, d'autres paramètres qui expérimentalement en dépendent, et, comme la mesure des températures et des pressions critiques constitue une opération très délicate, donne rarement des résultats bien exacts et n'est praticable, avec nos moyens actuels, que dans un nombre limité de cas, il en résulte que les formules si intéressantes de M. van der Waals semblent perdre un peu de leur portée lorsqu'on cherche à en tirer un parti pratique.

Arrêté par ces difficultés dans le travail que je poursuis actuellement, j'ai pensé que l'on pourrait peut-être éviter cet écueil en cherchant de nouvelles relations entre les constantes des équations de M. van der Waals et d'autres constantes physiques et chimiques d'une mesure à la fois plus facile et plus exacte.

Les résultats que je vais exposer sont relatifs à un premier essai tenté dans cette voie. J'ai été en effet conduit à remplacer, à un facteur constant près, le co-volume b de l'équation de M. van der Waals par le pouvoir réfringent moléculaire[1]. Les considérations qui m'ont guidé étant empruntées à des chapitres fort différents de la physique et de la chimie, on me permettra, pour plus de clarté, d'entrer dans quelques développements à leur sujet.

Je reprends en premier lieu l'équation fondamentale de M. van der Waals, soit

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = \left(p_0 + \frac{a}{v_0^2}\right)(v_0 - b)(1 + \alpha t)$$

[1] *Comptes rendus de l'Acad.*, 20 janvier 1890. — *Bull. Soc. Chim.* (3), 3. 51.

et je rappelle que p, v et t représentant la pression et la température sous lesquelles un corps occupe un volume v, p_0 et v_0 les mêmes quantités à la température de 0°, on a désigné le terme $\frac{a}{v^2}$ $\left(\text{ou } \frac{a}{v_0{}^2}\right)$ sous le nom de *pression interne* ou *pression moléculaire* et le terme b sous celui de *co-volume.*

En ce qui concerne plus particulièrement la constante b, M. van der Waals a établi qu'elle est égale à 4 fois le volume réellement occupé par les molécules — supposées sphériques, — du gaz considéré sous l'unité de pression et sous l'unité de volume à la température de 0°.

Il n'est pas nécessaire de rappeler que dans ces conditions tous les gaz contiennent, d'après la loi d'Avogadro et d'Ampère, le même nombre de molécules, de sorte que *la constante b est proportionnelle au volume moléculaire vrai d'une molécule supposée sphérique* [1].

On peut arriver d'autre part à cette même notion du volume de la molécule supposée sphérique par des considérations d'optique chimique qui sont le résultat de travaux tout à fait indépendants de M. H.-A. Lorentz [2] en Hollande, de M. L. Lorenz [3] en Danemark et de M. F. Exner [4] en Autriche.

On sait en effet que la constante diélectrique k d'un

[1] Il va de soi que les équations plus compliquées par lesquelles on a remplacé quelquefois l'équation de M. Van der Waals, conduiraient au même résultat en ce qui concerne la notion du volume moléculaire. Toutes ces équations, en particulier celles employées par Clausius et par M. Sarrau reposent en effet sur la notion du co-volume.

[2] *Wied. Ann.* 9. 641.

[3] *Wied. Ann.* 11. 70.

[4] *Monatsh. der Chem.* 6. 249.

corps dépend essentiellement, d'après Clausius, du rapport v du volume vrai au volume apparent occupé par les molécules de ce corps supposées sphériques, de telle sorte qu'on a la relation $k = \frac{1 + 2v}{1 - v}$ d'où l'on tire $v = \frac{k - 1}{k + 2}$.

En d'autres termes, v représente la fraction de l'unité de volume du diélectrique réellement occupée par ses molécules supposées sphériques.

D'un autre côté, d'après les vues de Maxwell sur la théorie électro-magnétique de la lumière, la constante diélectrique d'un corps doit être égale au carré de son indice de réfraction n rapporté à une radiation de longueur d'onde infinie; des recherches de M. *Boltzmann* [1] relatives à des corps gazeux et solides ont montré que l'équation $k = n^2$ se vérifie avec l'exactitude qu'on peut attendre des conditions des expériences.

Remplaçant donc k par n^2, on aura la relation

$$v = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$

Si l'on divise cette quantité par la densité du corps prise à la même température, on obtient ce qu'on a appelé le pouvoir réfringent spécifique désigné par R, soit

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \quad \frac{1}{d}$$

Théoriquement, cette expression doit être tout à fait

[1] *Wien. Akad. Ber.*, tomes 67 et 69.

indépendante de la température, de la pression et de l'état gazeux ou liquide sous lequel le corps est considéré. Les travaux de MM. Lorenz [1], K. Prytz [2] Bleckrode [3], J. Chappuis et C. Rivière [4] ont montré qu'entre des limites très resserrées, il en est bien ainsi.

La signification précise du pouvoir réfringent spécifique résulte d'autre part de la remarque suivante : Le poids de l'unité de volume étant égal à la densité d du corps, le rapport $\frac{d}{v}$ représentera le *poids spécifique vrai* des molécules supposées sphériques. Le pouvoir réfringent spécifique est donc l'inverse de ce poids spécifique vrai.

Si l'on divise enfin le poids moléculaire M par ce poids spécifique vrai des molécules, l'expression ainsi obtenue

$$\frac{v}{d} M = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{d} = MR$$

représentera le volume moléculaire vrai d'une molécule supposée sphérique.

A défaut des poids moléculaires absolus dont on ne connaît que les valeurs approchées, on peut adopter les poids moléculaires relatifs tels qu'ils sont donnés par la chimie avec le contrôle de la loi d'Avogadro et d'Ampère. La quantité ainsi obtenue n'est alors que le *pouvoir réfringent moléculaire* des chimistes, soit *le produit du pouvoir réfringent spécifique par le poids moléculaire*, suivant la notation introduite par M. Berthelot [5].

[1] *Wied. Ann.* 11. 70.
[2] *Wied. Ann.* 11. 104.
[3] *Journ. de Phys.* (2), 4. 109. — *Proc. Roy. Lond. Soc.* 1884.
[4] *Ann. Chim. Phys.* (6), 14.5.
[5] *Arch. ph.* 48. 342.

De ce qui précède, il résulte que le *pouvoir réfringent moléculaire est proportionnel au volume moléculaire vrai d'une molécule supposée sphérique.*

Il ne reste plus maintenant qu'à rapprocher cette définition de celle qui a été donnée plus haut de la constante b de l'équation de M. van der Waals, pour conclure, qu'en désignant par F un facteur constant, le même pour tous les corps, on doit avoir la relation

$$(1) \qquad b = \text{FMR}$$

qui s'exprimera comme suit :

LE CO-VOLUME b DE L'ÉQUATION DE M. VAN DER WAALS EST PROPORTIONNEL AU POUVOIR RÉFRINGENT MOLÉCULAIRE [1].

A première vue, la vérification la plus simple que l'on puisse faire de cette loi consisterait à calculer la valeur de

[1] Une relation absolument analogue pourrait probablement être établie en partant de la formule de M. Ketteler :

$$(n^2 - 1)\ (v - \beta) = C$$

dans laquelle $(v - \beta)$ représente le volume intermoléculaire. La constante β multipliée par le poids moléculaire serait en effet une quantité proportionnelle au volume moléculaire, de sorte qu'au lieu de la relation (1) ci-dessus, on aurait, en désignant par L une constante :

$$b = \text{L M } \beta.$$

D'après les premières recherches publiées par M. Ketteler (*Wied. Ann.* 30. 286—33. 353 et 506—35. 662, *Zeitschrift f. physik Chem.* 2. 905), il faut reconnaître que la relation qu'il propose est encore plus indépendante de la température que celle de MM. Lorenz et Lorentz. J'ai quand même adopté cette dernière, parce que l'on ne connaît jusqu'à présent la valeur de β que pour un petit nombre de composés.

Il n'en reste donc pas moins désirable que M. Ketteler continue les belles recherches qu'il a commencées sur cette intéressante question, recherches qui lui permettront de développer complètement sa nouvelle théorie des pouvoirs réfringents moléculaires.

la constante b dans tous les cas où l'on possède les éléments numériques dont elle dépend et de s'assurer que cette valeur reste bien proportionnelle au pouvoir réfringent moléculaire.

Mais b est donné par une équation du 3me degré, dans laquelle entrent comme constantes la température critique et la pression critique. Les calculs que comporte la résolution de ces équations du 3me degré n'étant pas encore terminés, je préfère donner dès maintenant une vérification approchée de la formule (1).

Cette manière de faire me paraît surtout justifiée parce qu'elle conduit à des rapports tout à fait inattendus entre le pouvoir réfringent moléculaire et certaines constantes thermiques assez mal définies jusqu'à présent. On trouvera le résultat de ce travail dans la note suivante, qui ne représente donc qu'un des dévelopements à tirer de la relation (1).

LE COEFFICIENT CRITIQUE

ET

LA CONSTITUTION MOLÉCULAIRE DES CORPS

AU POINT CRITIQUE

PAR

M. Philippe-A. GUYE

Le rapport de la température critique absolue à la pression critique, — rapport pour lequel j'adopte la désignation abrégée de *coefficient critique,* — est une des constantes thermiques les plus mal définies. Quelques savants ont pensé que cette quantité devait être la même pour tous les corps, mais cette hypothèse, toute gratuite, est en complète contradiction avec les faits. Je vais essayer de démontrer que le coefficient critique est proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire et qu'il fournit un moyen précieux de fixer la constitution moléculaire des corps au point critique.

I

Si l'on désigne par π, ϑ et φ la pression, la température

et le volume critiques, ces quantités sont reliées entre elles par l'équation suivante [1] :

$$(1) \qquad \frac{3}{8}(1 + \alpha\vartheta) = \frac{\pi\varphi}{(1 + 3\pi\varphi^2)\left(1 - \frac{\varphi}{3}\right)}$$

Si l'on observe que φ est toujours une quantité très petite et que le produit des deux binômes du dénominateur est sensiblement égal à 1, on pourra remplacer avec une très grande approximation l'expression précédente par celle qui suit :

$$(2) \qquad \frac{3}{8}(1 + \alpha\vartheta) = \pi\varphi$$

d'où l'on tire, en tenant compte de la valeur $\alpha = \frac{1}{273}$

$$\frac{3}{8} \cdot \frac{273 + \vartheta}{273} = \pi\varphi$$

et enfin en désignant le coefficient critique par $\varkappa$:

$$(3) \qquad \varkappa = \frac{273 + \vartheta}{\pi} = \frac{3}{8} \, 273\varphi$$

Le volume critique φ étant d'autre part relié à la constante b par l'équation [2]

$$\varphi = 3b$$

et la constante b étant elle-même proportionnelle au pou-

[1] *Arch. des sc. ph. et nat.* (3), XXII, 555.
[2] *Arch. des sc. phys. et nat.* (3), XXII, 558.

voir réfringent moléculaire, on conclut que V étant un facteur constant, on doit avoir la relation [1]:

$$(4) \qquad \varkappa = \frac{273 + \vartheta}{\pi} = V \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{d} = VMR$$

Pour éviter toute confusion, il ne me paraît pas inutile de résumer ici la signification précise des lettres entrant dans cette formule :

ϑ = *température critique* comptée en degrés centigrades depuis le zéro de la glace fondante.

π = *pression critique* exprimée en atmosphères.

$\varkappa$ = *coefficient critique,* ou rapport de la température critique absolue à la pression critique.

V = *facteur constant* auquel l'expérience assigne la valeur moyenne. 1 : 1,8 pour une radiation de longueur d'onde infinie.

n = *indice de réfraction* pour un rayon de longueur d'onde infinie.

d = *densité* du corps rapportée à celle de l'eau à 4° et déterminée à la même température que l'indice de réfraction, le choix de cette température restant arbitraire.

[1] La formule plus compliquée mais plus exacte par laquelle M. Sarrau (*Comptes rendus* 101, 941) a remplacé l'équation de M. van der Waals, conduirait au même résultat. En effet, de l'équation de M. Sarrau on tire :

$$\frac{273 + \vartheta}{\pi} = \frac{8}{R} (b + \beta)$$

R étant une constante, la même pour tous les corps, β étant un volume auxiliaire qui intervient dans l'évaluation de la pression interne. Si l'on néglige β ou si on le suppose proportionnel à b, — ce qui est parfaitement plausible pour une première approximation, — le coefficient critique se trouve être lui-même proportionnel à b et par suite au pouvoir réfringent moléculaire.

M = *poids moléculaire* du corps calculé dans l'unité $H^2 = 2$.

R = par définition, *pouvoir réfringent spécifique* = $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{d}$.

MR = par définition, *pouvoir réfringent moléculaire*.

Sous sa forme la plus simple, la formule (4) s'écrira donc

$$\varkappa = \text{VMR} \tag{5}$$

De là la loi approchée :

Le coefficient critique est égal, à un facteur constant près, au pouvoir réfringent moléculaire.

II

Il s'agit maintenant de voir comment cette loi théorique est vérifiée par les données d'expérience.

En raison de la nature absolument arbitraire des unités dans lesquelles sont exprimées ces diverses quantités, les pouvoirs réfringents moléculaires (MR) sont plus grands, numériquement parlant, que les coefficients critiques. J'ai donc vérifié la relation (5) en calculant le rapport f de MR à $\varkappa$, soit $f = \frac{\text{MR}}{\varkappa}$. On aura donc $\text{V} = \frac{1}{f}$.

Quelques explications sont nécessaires sur le choix des données numériques dont j'ai fait usage.

Les températures critiques et les pressions critiques qui servent à fixer les valeurs de $\varkappa$ sont tirées d'un assez grand

nombre de mémoires dont les auteurs ont été désignés par les abréviations suivantes [1].

M. Andrews........	Ad.	M. Paulewski.......	P
» Ansdell.........	As	» Ramsay	R
» Dewar..........	D	» Ramsay et Yung..	RY
» Hannay.........	H	» Sajotschewski ...	Sj
» Janssen	J	» Strauss.........	St
» Ladenburg......	L	» Vincent et Chappuis	V.C
» Nadesjdine......	N	» van der Waals...	v.d.W
» Olzewski........	O	» Wroblewski.....	W

Dans les cas où les constantes critiques d'un même corps ont été déterminées par plusieurs observateurs, j'ai toujours fait entrer toutes les observations dans les calculs de vérification. Cette manière de faire a l'avantage de donner une idée exacte de la précision à laquelle on peut prétendre.

Les chiffres réunis dans le tableau I montrent qu'en ce qui concerne le coefficient critique $\varkappa$, cette précision laisse encore à désirer. On ne peut répondre de la première décimale de la valeur de $\varkappa$, et des déterminations d'observateurs différents ne concordent en moyenne qu'à 10 °/₀ près, l'incertitude étant même dans quelques cas de 20 °/₀ environ.

[1] J'ai réuni tous les renseignements bibliographiques sur cette question dans l'article « Point critique » qui doit paraître avec une des premières livraisons du nouveau supplément du Dictionnaire de Wurtz.

Tableau I.

Valeurs de $\varkappa$ déduites d'expériences indépendantes.

Corps.	$\varkappa$	Observateurs.
Protoxyde d'azote	4.2	J.
Id.	4.1	D.
Acide carbonique	4.2	Ad.
Id.	3.9	Ad.
Éthylène.................	5.5	D.
Id.	4.9	v. d. W.
Ammoniaque.............	3.6	V. C.
Id.	3.5	D.
Alcool méthylique.........	7.3	N.
Id.	6.9	H.
Alcool éthylique	8.2	Sj.
Id.	8.0	R. Y.
Id.	7.9	H.
Alcool propylique.........	10.6	R. Y.
Id.	9.9	N.
Formiate d'éthyle.........	10.3	Sj.
Id.	10.2	N.
Acétate de méthyle........	10.6	N.
Id.	8.7	Sj.
Acétate d'éthyle	13.1	N.
Id.	12.0	Sj.
Chlorure d'éthyle	8.7	Sj.
Id.	8.4	V. C.
Éther éthylique...........	13.1	R. Y.
Id.	12.5	Sj.
Id.	11.7	R.
Benzine..................	11.2	Sj.
Id.	9.3	R.
Diéthylamine.............	12.7	Sj.
Id.	12.2	V. C.
Acide chlorhydrique.......	3.4	V. C.
Id.	4.0	D.

L'incertitude qui règne sur la connaissance des coefficients critiques doit être attribuée à plusieurs causes.

Une première cause d'erreur provient de la mesure des hautes pressions. Quelques savants ont employé des manomètres métalliques dont la comparabilité est loin d'être bien établie. D'autres ont eu recours à des manomètres à azote, qui sont alors comparables, mais dont les indications sont insuffisantes, lorsque ces instruments n'ont pas été préalablement gradués par comparaison avec un manomètre à mercure.

En second lieu, il est très difficile d'effectuer les mesures des constantes critiques sur des corps chimiquement purs. Par la nature même des méthodes en usage, et surtout avec les corps de température critique élevée, on opère sur un mélange du corps étudié et d'une petite quantité de vapeurs mercurielles émanant du ménisque de mercure qui ferme le tube laboratoire de l'appareil. En outre, si le corps, généralement liquide, sur lequel on opère n'a pas été complètement et soigneusement purgé d'air, on s'éloigne encore des conditions normales de l'expérience. Tous les savants qui se sont occupés de la mesure des constantes critiques sont d'accord pour reconnaître que la présence de la moindre impureté modifie considérablement la valeur de ces constantes.

Enfin, dans certains cas, notamment pour quelques liquides organiques, les phénomènes qui se passent au point critique sont précédés de réactions chimiques plus ou moins accentuées, soit que le corps subisse un commencement de décomposition, soit qu'il réagisse sur les vapeurs mercurielles en présence desquelles il se trouve.

Si toutes ces causes d'erreur ont été prises en sérieuse considération dans les recherches récentes publiées sur

la mesure des constantes critiques, il n'en a pas toujours été ainsi, et c'est à cela qu'il faut attribuer les écarts souvent considérables qu'on constate entre des valeurs de $\varkappa$ déterminées par des observateurs différents.

Les pouvoirs réfringents moléculaires constituent le deuxième élément numérique entrant dans la formule (5). S'il s'agissait d'avoir leur valeur pour une radiation du spectre visible, l'exactitude avec laquelle ils sont en général déterminés est plus que suffisante. D'après M. Brülh, les erreurs d'observation ne dépassent pas $\pm$ 0,3 pour un poids moléculaire égal à 100.

Mais la relation (5) a été établie pour le cas où l'indice de réfraction n est rapporté à une radiation de longueur d'onde infinie, et, malheureusement alors, aucune formule de dispersion ne conduit à des résultats bien satisfaisants [1].

Faute de mieux, j'ai adopté les valeurs qne M. Brühl et M. Landolt avaient calculées au moyen de la formule de Cauchy

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$$

qui pour $\lambda = \infty$, donne $n = A$. Je me suis cru autorisé à procéder ainsi parce que tous les corps sur lesquels ont porté mes vérifications numériques présentent une faible dispersion, et qu'alors l'erreur commise est nécessairement réduite à un minimum. Les pouvoirs réfringents moléculaires des tableaux III et IV sont donc rapportés, autant qu'on peut le faire, à un rayon de longueur d'onde infinie.

En ce qui concerne le tableau II, je n'avais pas sous

[1] M. Brühl, *Chem. Ber.* 19. 2821.

la main les éléments suffisants pour faire cette réduction; je me suis contenté des valeurs du pouvoir réfringent moléculaire rapportées à la raie D du sodium, qui doivent différer très peu des valeurs ramenées à une radiation de longueur d'onde infinie. En effet, tous les composés qui figurent dans le tableau II présentent une très faible dispersion.

Les déterminations des pouvoirs réfringents moléculaires, exécutées par des observateurs différents, étant en général très concordantes, je n'ai fait entrer dans mes calculs qu'une seule observation de cette constante.

Tableau II.

Les pouvoirs réfringents moléculaires se rapportent à la raie D. Ceux des trois premiers corps sont tirés du mémoire de M. Bleckrode[1]. Les autres ont été calculés au moyen des données de Regnault et de M. Mascart par M. J. W. Brühl, qui a eu l'extrême obligeance de me communiquer ses résultats. Les densités des corps gazeux entrant dans la valeur de MR sont naturellement réduites à celle de l'eau à 4°.

Corps.	$273 + \vartheta$	π	$\varkappa$	Observateurs.	MR	f
Acide sulfureux SO^2....	428.4	78.9	5.4	Sj.	9.79	1.8
Cyanogène $(CN)^2$.......	397	61.7	6.4	D.	12.17	1.9
Ammoniaque NH^3......	403	115	3.5	D.	6.43	1.8
» »	404	113	3.6	V. C.	»	1.8
Protoxyde d'azote N_2O..	309.4	73.1	4.2	J.	7.69	1.9
» » ..	308.4	75.0	4.1	D.	»	1.9
Bioxyde d'azote NO.	179.5	71.2	2.5	O.	4.43	1.8
Acide carbonique CO^2...	304	73.0	4.2	Ad	6.74	1.6
» » ...	304	77.0	3.9	Ad.	»	1.7
Éthylène C_2H_4.........	282.2	58.0	4.9	v.d.W.	10.79	(2.2)
» »	283.1	51.0	5.5	D.	»	2.0
Acétylène C_2H_2........	310.1	68.0	4.6	As.	9.11	2.0
Acide chlorhydrique HCl.	325.3	86.0	4.0	D.	6.70	1.9
» »	324.5	96.0	3.4	V. C.	»	2.0

[1] *Journ. de phys.* (2). 4. 109.

TABLEAU III.

Pouvoirs réfringents moléculaires tirés des expériences de M. Landolt et de M. Brühl, recalculés par M. Landolt[1], et rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie.

Corps.	273 + ϑ	π	$\varkappa$	Observat^{rs}	MR	*f.*
Alcool éthylique C_2H_5OH.....	507.3	62.1	8.2	Sj.	12.47	(1.5)
« »	516.6	64.34	8.0	R. Y.	»	1.6
» »	507.3	64.5	7.9	H.	»	1.6
Alcool propylique C_3H_7OH....	529	53.3	9.9	N.	17.09	1.7
» »	530.7	50.16	10.6	R. Y.	»	1.6
Alcool isopropylique C_3H_7OH..	507.6	53.0	9.6	N.	17.12	1.8
Acétone $CH_3.CO.CH_3$........	505.8	52.2	9.7	Sj.	15.71	1.7
Alc.isobutylique $\genfrac{}{}{0pt}{}{C_2H_5}{CH_3}>CH_2OH$	538.0	48.27	11.1	N.	21.55	1.9
Formiate d'éthyle $HCO_2C_2H_5$..	503.0	48.7	10.3	Sj.	17.59	1.7
» » ..	506.1	49.16	10.2	N.	»	1.7
Acétate de méthyle $CH_3CO_2CH_3$	502.8	57.6	8.7	Sj.	17.69	2.0
» »	505.9	47.54	10.6	N.	»	1.7
Acétate d'éthyle $CH_3CO_2C_2H_5$..	512.8	42.6	12.0	Sj.	22.14	1.8
» » ...	522.5	39.65	13.2	N.	»	1.7
Chlorure de propyle C_3H_7Cl...	494	49	10.1	V. C.	20.35	2.0
Éther $C_2H_5.O.C_2H_5$	463	36.9	12.5	V. C.	21.89	1.8
» »	467	35.65	13.1	R. Y.	»	1.7
» »	468.5	40.0	11.7	R.	»	1.9
Acétate de propyle $CH_3.CO_2C_3H_7$	549.3	34.80	15.8	N.	26.32	1.7
Butyrate de méth^{le} $C_3H_7CO_2CH_3$	551.0	36.02	15.2	N.	26.29	1.7
Butyrate d'éthyle $C_3H_7CO_2C_2H_5$	565.8	30.24	18.7	N.	30.63	1.6
Valérianate d'éth^{le} $C_4H_9CO_2C_2H_5$	566.7	31.50	18.0	N.	35.31	2.0
Thiophène C_4H_4S............	590.3	47.7	12.3	P.	23.73[2]	1.9

[1] *Sitzungsber. der Akad. der Wissensch.* Berlin, 1882, p. 64.

[2] Valeur calculée par réduction proportionnelle, au moyen d'une détermination de MM. Nasini et Scala (*Jaresbericht der Chemie,* 1886, p. 294), qui ont trouvé pour valeur du pouvoir réfringent moléculaire du thiophène 24,13, relativement à la raie α de l'hydrogène.

Indépendamment des corps qui figurent dans les tableaux II et III, il en est d'autres (réunis dans le tableau IV), dont on connaît les constantes critiques, mais pas les pouvoirs réfringents moléculaires. On peut suppléer à ce manque de données en calculant les pouvoirs réfringents moléculaires au moyen des règles posées par M. Brühl[1]. Les beaux travaux de ce savant faisant suite aux recherches restées classiques de MM. Gladstone, Dale, Landolt et Wullner, ont en effet démontré que tant qu'il s'agit de corps de faible dispersion, — ce qui est le cas de tous les composés figurant dans le tableau IV, — on obtient ainsi des nombres concordant d'une manière très satisfaisante avec ceux que donne l'expérience. Les valeurs de f consignées dans le tableau IV, se rapportent à une radiation de longueur d'onde infinie.

[1] *Zeitsch. f. physikal. Chem. I.* 310 et 338.

TABLEAU IV.

Pouvoirs réfringents moléculaires, calculés au moyen des coefficients atomiques de réfraction de MM. Landolt et Brühl[1], rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie.

Corps.	$273+\vartheta$	π	$\varkappa$	Observat^{rs}	MR	f
Méthane CH_4	191.2	54.9	3.5	O.	6.51	1.9
» »	173.5	50	3.5	D.	»	1.9
Ethane C_2H_4	308	45.2	6.9	D.	10.98	1.6
Chlorure de méthyle CH_3Cl	414.5	73	5.7	V. C.	11.38	2.0
Chlorure d'éthyle C_2H_5Cl	455.4	52.6	8.7	Sj.	15.85	1.8
» »	455.5	54	8.4	V. C.	»	1.9
Formiate de propyle $HCO_2C_3H_7$	533.8	42.70	12.5	N.	21.73	1.7
Acétate d'isobutyle $CH_3CO_2C_4H_9$	561.3	31.40	17.9	N.	30.67	1.7
Propionate de méthyle $C_2H_5CO_2CH_3$	528.7	39.88	13.2	N.	21.73	1.6
Isobutyrate d'éthyle $C_3H_7CO_2C_2H_5$	553.4	30.13	18.4	N.	30.67	1.7
Méthylamine $CH_3.NH_2$	428	72	5.9	V. C.	10.40	1.8
Diméthylamine $(CH_3)_2NH$	436	56	7.8	V. C.	14.87	1.9
Triméthylamine $(CH_3)_3N$	433.5	41	10.6	V. C.	19.34	1.8
Diéthylamine $(C_2H_5)_2NH$	493.0	38.7	12.7	Sj.	23.81	1.9
» »	489	40	12.2	V. C.	»	2.0
Triéthylamine $(C_2H_5)_3N$	532	30	17.7	V. C.	32.75	1.9
Propylamine $C_3H_7.NH_2$	491	50	9.8	V. C.	19.34	2.0
Dipropylamine $(C_3H_7)_2NH$	550	31	17.7	V. C.	32.75	1.9
Oxyde de méthyléthyle $CH_3.O.C_2H_5$	441.4	46.27	9.6	N.	17.01	1.8
Isoamylène C_5H_{10}	464.6	33.9	13.7	N.	23.94	1.7

De l'ensemble des données numériques réunies dans

[1] Landolt, *Sitz. Ber. Akad. d. Wissensch.* Berlin, 1882, p. 91; Brühl, *Lieb. Ann.*, 235, 35. — Tous ces calculs étaient terminés lorsque j'ai eu connaissance d'un travail récent de MM. Gladstone et Perkin (*Chem. Soc.* 55. 750) sur les pouvoirs réfringents des bases organiques. Les valeurs de MR qu'on peut déduire des déterminations de ces deux savants concordent d'une manière très satisfaisante avec celles que j'ai admises dans le tableau IV. J'ai donc jugé inutile de refaire ces calculs qui auraient conduit à la même valeur moyenne de f.

les tableaux II, III et IV, on peut conclure que f conserve une valeur à peu près constante, variant de 1,6 à 2,0 si l'on excepte la valeur 1,5 pour une détermination relative à l'alcool et la valeur 2,2 pour une détermination relative à l'acétylène. Les trois quarts des valeurs de f sont en outre comprises entre 1,7 et 1,9 ce qui augmente la probalité de la moyenne générale *1,8*.

Les valeurs extrêmes 1,6 et 2,0 sont en écart de 10 °/₀ environ sur la moyenne 1,8. Or, on a vu que l'incertitude sur la valeur de $\varkappa$ est précisément d'environ 10 °/₀. Les valeurs extrêmes n'ont donc rien d'anormal et sont ainsi comprises entre les limites des erreurs d'observation.

On remarquera aussi que les vérifications numériques réunies dans les tableaux précédents comprennent plus de cinquante déterminations de constantes critiques, exécutées d'une façon tout à fait indépendante par seize observateurs différents; que ces déterminations sont relatives à quarante composés divers, parmi lesquels on trouve des corps à fonctions chimiques très variées. Or dans ces conditions, les éléments numériques entrant dans la formule (5) sont compris entre :

179°,5 et 590°,3 pour les températures critiques absolues,

$30^{atm.}$ et $115^{atm.}$ pour les pressions critiques,

4,4 et 35, 3 pour les pouvoirs réfringents moléculaires.

En d'autres termes, ces derniers variant dans le rapport de 1 à 8, la constante f ne varie que dans celui de 1 à 1,25. Alors même qu'il ne s'agirait pas d'une relation fondée sur des considérations théoriques, il ne peut donc être question d'une coïncidence fortuite. La loi approchée dont j'ai donné plus haut la démonstration, est ainsi confirmée par l'expérience.

III

Indépendamment de l'importance que peut avoir la loi qui vient d'être établie, en tant que confirmation des vues théoriques de MM. Maxwell, van der Waals, Lorenz, Lorentz et Exner, on peut en tirer plusieurs conséquences importantes au point de vue chimique, et tout d'abord sur la constitution moléculaire des corps au point critique.

L'équation (5) peut en effet s'écrire :

$$M = 1{,}8 \frac{\varkappa}{R} \tag{6}$$

et, sous cette forme, elle donne la valeur du poids moléculaire en fonction du coefficient critique et du pouvoir réfringent spécifique. Si la connaissance du poids moléculaire au point critique n'a pas une grande importance pratique, il n'en est peut-être pas de même au point de vue théorique. Car, quelle que soit la définition que l'on adopte du point critique, ce dernier n'en est pas moins le point où, pratiquement et visiblement, un liquide et une vapeur possèdent la même densité, et, de ce que dans cet état les poids moléculaires des corps donnés par la relation (6) soient les mêmes que ceux qui sont déduits de la loi d'Avogadro et d'Ampère, on peut conclure que les molécules des corps à l'état liquide sont en général de même grandeur qu'à l'état de gaz ou de vapeurs. C'est là une confirmation des faits remarquables découverts par M. Raoult en étudiant les propriétés des dissolutions étendues.

L'équation (6) suppose la connaissance du pouvoir

réfringent spécifique et du coefficient critique. Dans un très grand nombre de cas ce dernier constitue à lui seul un élément suffisant pour déterminer le poids moléculaire au point critique.

En effet, si l'on admet comme démontrée la proportionnalité entre le pouvoir réfringent moléculaire et le coefficient critique, toutes les observations faites au sujet de la première de ces constantes devront s'appliquer aussi à la seconde. En particulier, si l'on divise par 1,8 les *coefficients atomiques de réfraction* qui servent à calculer *a priori* le pouvoir réfringent moléculaire d'un composé quelconque, on doit obtenir de nouveaux coefficients, que j'appelle *coefficients atomiques critiques*, au moyen desquels on pourra déterminer d'avance le coefficient critique d'un corps de formule donnée. Ces coefficients sont réunis dans le tableau V, tels qu'on les obtient en divisant par 1,8 les coefficients de réfraction bien connus de MM. Landolt et Brühl.

Tableau V.

Coefficients atomiques critiques.

Pour un atome de carbone..............	$[C]_\kappa = 1.35$
» » d'hydrogène............	$[H]_\kappa = 0.57$
» » d'oxygène simplement lié.	$[O-]_\kappa = 0.87$
» » » doublement lié.	$[O=]_\kappa = 1.27$
» » de chlore................	$[Cl]_\kappa = 3.27$
» » de brome...............	$[Br]_\kappa = 4.83$
» » d'azote simplement lié....	$[N-]_\kappa = 1.60$
» » d'azote triplement lié.....	$[N\equiv]_\kappa = 1.86$
» un atome de phosphore...........	$[P]_\kappa = 3.01$
» une double liaison entre 2 atomes C.	$[=]_\kappa = 0.88$
» une triple » »	$[\equiv]_\kappa = 1.03$

Remarques. 1° Le coefficient $[N\equiv]_\varkappa$ a été déduit de la valeur du coefficient critique du cyanogène 6,43, par soustraction de $2[C]_\varkappa = 2{,}70$. La différence 3,73 divisée par 2 donne la valeur du coefficient critique de l'atome d'azote triplement lié, soit 1,86. 2° Le coefficient $[P]_\varkappa = 3{,}01$ est déduit du pouvoir réfringent du gaz PH_3.

Au moyen de ces coefficients, qui, en toute rigueur, ne concernent que les corps organiques, on peut calculer la valeur du coefficient critique d'un composé dont on connaît la formule moléculaire. Les écarts entre les résultats du calcul et de l'expérience dépassent rarement 10 %. C'est dire qu'ils sont compris dans les limites des erreurs d'observation.

Exemples de calculs.

1° Coefficient critique de l'acétate d'éthyle $CH_3.COOC_2H_5$:

$$\begin{aligned} 4[C]_\varkappa &= 5.40 \\ 8[H]_\varkappa &= 4.56 \\ 1[O-]_\varkappa &= 0.87 \\ 1[O=]_\varkappa &= 1.27 \\ \hline & \ 12.10 \end{aligned}$$

L'expérience a donné 12,0 et 12,4.

2° Coefficient critique de l'acétylène $CH\equiv CH$:

$$\begin{aligned} 2[C]_\varkappa &= 2.70 \\ 2[H]_\varkappa &= 1.14 \\ 1[\equiv]_\varkappa &= 1.03 \\ \hline & \ 4.87 \end{aligned}$$

L'expérience a donné 4,6.

Voici encore quelques valeurs obtenues par le calcul comparées à celles que donne l'expérience :

Corps.	x calculé.	x observé.
Chlorure d'éthyle C_2H_5Cl..........	8.8	8.4—8.7
Formiate d'éthyle $HCO_2C_2H_5$.......	9.6	10.2—10.3
Éther éthylique $C_2H_5.O.C_2H_5$.......	12.4	11.7—12.5
Méthane CH_4.....................	3.6	3.5
Méthylamine $CH_3.NH_2$.............	5.8	5.9
Acétone $CH_3.CO.CH_3$..............	8.7	9.7
Éthylène C_2H_2..................	5.9	5.6—4.2
Alcool propylique $CH_3.CH_2.CH_2OH$..	9.5	9.9—10.6
Acide carbonique CO_2.............	3.9	3.9—4.2
Ammoniaque NH_3.................	3.3	3.5—3.6
Azote $N_2(N\equiv N)$.................	3.7	3.6—3.9
Bioxyde d'azote (N-O)............	2.5	2.5
Protoxyde d'azote (N_2O)...........	4.1	4.1—4.2
Valérianate d'éthyle $C_4H_9.CO_2C_2H_5$..	19.6	18.4

Ces exemples, auxquels on pourrait en ajouter plusieurs autres me paraissent justifier complètement la notion des coefficients atomiques critiques, telle qu'elle est établie plus haut. On peut donc conclure d'une manière générale que :

Le coefficient critique d'un corps est égal à la somme des coefficients critiques des atomes qui constituent sa molécule, augmentée dans certains cas de coefficients dépendant de la nature des liaisons des atomes entre eux.

La seule connaissance du coefficient critique est des lors suffisante pour fixer la valeur du poids moléculaire au point critique, tout au moins pour choisir entre les divers multiples d'une formule celui qui représente la vraie grandeur moléculaire d'un corps dont on a déterminé expérimentalement le coefficient critique. Je prends par exemple le cas du formiate de propyle dont le coefficient

critique déterminé par l'expérience est 12,5. Il est évident que la vraie grandeur moléculaire de ce corps au point critique est représentée par la formule $C_4H_8O_2$ qui conduit à une valeur du coefficient critique de 12,1, tandis que la formule simple C_2H_4O devrait donner 6,1 et la formule double 24,2.

Le calcul du coefficient critique au moyen de coefficients atomiques critiques présente une grande analogie avec le calcul des pouvoir réfringents moléculaires, des volumes moléculaires, des constantes thermochimiques moléculaires etc. au moyen de coefficients atomiques spéciaux.

Il en diffère cependant par un caractère essentiel. Toutes ces dernières constantes ne sont pas en effet ce qu'on pourrait appeler de véritables constantes physiques, en ce sens qu'elles représentent toujours le produit d'une constante physique pure par le poids moléculaire du corps considéré. On peut donc s'attendre à ce que ce produit puisse être retrouvé par une sommation de coefficients atomiques, bien que cela ne soit pas évident *à priori*.

Il en est tout autrement du coefficient critique dont on peut obtenir une valeur approchée par une sommation de coefficients atomiques, mais qui est lui-même une constante physique pure, *absolument indépendante de toute hypothèse sur le poids moléculaire.*

Cette propriété du coefficient critique d'être égal à une somme de coefficients atomiques me paraît digne d'attirer l'attention ; elle montre une fois de plus les rapports toujours plus étroits qui doivent s'établir entre la chimie et la physique.

Il n'est enfin pas indifférent d'employer la notation chimique en équivalents ou en atomes. Les premiers conduiraient à une valeur de la constante f qui serait tantôt

égale à 0.9 tantôt à 1.8 suivant que les poids moléculaires sont égaux aux équivalents ou au double de ceux-ci.

Quant aux équivalents rapportés à des volume égaux de vapeur de M. Berthelot, ils donnent naturellement les mêmes résultats que les poids moléculaires.

IV

Les lois qui régissent le pouvoir réfringent d'un mélange de plusieurs corps peuvent-elles s'appliquer au coefficient critique d'un mélange? *A priori*, la chose n'est pas évidente; certaines considérations que je vais développer me semblent cependant indiquer qu'il doit en être ainsi.

En effet, si la proportionnalité entre le pouvoir réfringent moléculaire et le coefficient critique était encore vraie dans le cas d'un mélange, ce qui paraît très probable, il en résulterait que le *coefficient critique d'un mélange formé de plusieurs molécules de corps différents serait très approximativement égal au coefficient critique moyen du mélange*, attendu que le pouvoir réfringent d'un mélange est soumis à une loi approchée tout à fait analogue.

En d'autres termes, un mélange étant formé de :

n_1 molécules d'un corps dont le coefficient critique est $\varkappa^1$.
n_2 id. id. $\varkappa_2$.
n_3 id. id. $\varkappa_3$.

Le coefficient critique du mélange devrait être très approximativement égal à

$$\frac{n_1 \varkappa_1 + n_2 \varkappa_2 + n_3 \varkappa_3}{n_1 + n_2 + n_3}$$

Pour le cas particulier où deux corps sont en présence à raison d'une molécule de chacun d'eux, le coefficient critique du mélange serait $\frac{\varkappa_1 + \varkappa_2}{2}$. Mais si les deux corps sont susceptibles de se combiner molécule à molécule dans les conditions de température et de pression qui caractérisent le point critique, le coefficient critique serait alors très approximativement égal à $\varkappa_1 + \varkappa_2$, et cela en vertu de la loi de sommation des coefficients atomiques critiques.

On voit donc qu'en admettant comme vraie l'hypothèse sur le coefficient critique d'un mélange, la valeur de ce coefficient fournirait un moyen de constater si un corps reste identique à lui-même au point critique. Car si 1 molécule se décompose en 2, 3... *n* molécules, la détermination expérimentale du coefficient critique conduira à une valeur qui sera 2, 3... *n* fois plus petite que celle qu'on peut calculer par les coefficients atomiques critiques. Au contraire, si 2, 3... *n* molécules d'un corps se condensent au point critique en 1 molécule d'un produit de polymérisation, le coefficient critique déterminé par l'expérience sera 2, 3... *n* fois plus grand que celui de la molécule primitive calculé au moyen des coefficients atomiques critiques.

Lors donc que la valeur du coefficient critique d'un corps, donnée par l'expérience, s'écarte de la valeur calculée, de telle sorte que la différence entre ces deux valeurs ne puisse plus être comprise dans les limites des erreurs d'observations (en moyenne 10 $^0/_0$, au maximum 20 $^0/_0$), ce doit être l'indice d'une modification survenue dans l'état chimique du corps au point critique. Et, suivant le sens dans lequel se produit l'écart, on sera en droit d'affirmer qu'il y a condensation ou décomposition.

Comme ces règles approchées sont assez bien vérifiées dans les quelques cas où l'on possède des données expérimentales précises, je ne crois pas inutile de les passer en revue.

I. *Mélange de : 9 vol.* CO_2 + *1 vol. air*, ou ce qui revient à peu près au même : 45 vol. CO_2 + 4 vol. N_2 + 1 vol. O_2.

D'après M. van der Waals, la température critique de ce mélange est 25° (ou 298° depuis le zéro absolu), la pression critique est de $77^{atm.},5$.

Or, si l'on adopte les valeurs moyennes suivantes des coefficients critiques des trois gaz dont est formé le mélange :

Acide carbonique : 4.1 Azote : 3.7 Oxygène : 3.0

on trouve d'après les règles précédentes que le coefficient critique du mélange dans le cas où tous les corps seraient combinés doit être égal à 202,3 soit :

45 fois	le coefficient	critique	de	CO_2 =	184.5
+ 4	»	»	»	N_2 =	14.8
+ 1	»	»	»	O_2 =	3.0
					202.3

Si au contraire ces 50 molécules (= 45 + 4 + 1) d'acide carbonique, d'azote et d'oxygène ne forment qu'un mélange, le coefficient critique de ce dernier doit être égal à $\frac{202.3}{50} = 4.0$.

L'expérience démontre que cette dernière hypothèse est seule juste, car les constantes critiques conduisent à la valeur de $= \frac{298}{77.5} = 3.8$.

On serait arrivé au même résultat en employant les coefficients atomiques critiques du tableau V. En effet, si les corps constituant le mélange se combinent au point critique, ils formeraient un composé de la formule $C_{45}O_{92}N_8$, dont le coefficient critique serait donné par la somme des coefficients atomiques, soit : 192,5.

$$\begin{aligned} 45\,[C]\varkappa &= 60.75 \\ 92\,[O=]\varkappa &= 116.84 \\ 8\,[N\equiv]\varkappa &= 14.88 \\ \hline & \ 192.47 \end{aligned}$$

Si au contraire il n'y a pas combinaison des corps, au point critique, le coefficient critique du mélange des 50 molécules sera $\dfrac{192.47}{50} = 3.9$, nombre parfaitement conforme à la valeur 3.8 donnée par l'expérience.

II. *Mélange de : 7 vol.* CO_2 + 3 *vol.* ClH.

Le coefficient critique de CO_2 est 4,1 (valeur moyenne).
id. HCl 3,7 id.

S'il y a combinaison, le coefficient critique sera : $7 \times 4{,}1 + 3 \times 3{,}7 = 39{,}8$.

On arriverait à peu près au même résultat par les coefficients atomiques du tableau V, soit

$$\begin{aligned} 7\,[C]\varkappa &= 9.45 \\ 14\,[O=]\varkappa &= 17.78 \\ 3\,[Cl]\varkappa &= 9.81 \\ 3\,[H]\varkappa &= 1.71 \\ \hline & \ 38.75 \end{aligned}$$

Si au contraire l'acide carbonique et l'acide chlorhydrique ne se combinent pas, le coefficient critique du mé-

lange des 10 molécules ($7\ CO_2 + 3\ HCl$) sera $\frac{39.8}{10}$ ou $\frac{38.75}{10}$, soit 4.0 à 3.9 suivant le mode de calcul.

C'est cette dernière hypothèse qui est juste, car d'après les expériences de M. van der Waals, on a $\vartheta = 31°.6$, $\pi = 90^{atm.}$, d'où l'on tire $\varkappa = \frac{273 + 31.6}{90} = 4.5$.

III. *Chlorure de phosphonium.* M. Ogier a constaté qu'à la température ordinaire, l'acide chlorhydrique et l'hydrogène phosphoré se combinent sous pression pour donner du chlorure de phosphonium PH_4Cl. Il est facile de démontrer que cette combinaison n'existe plus, comme telle, au point critique.

En effet, si elle était stable son coefficient critique serait alors :

$$\begin{aligned} [P]\varkappa &= 3.01 \\ 4[H]\varkappa &= 2.28 \\ [Cl]\varkappa &= 3.27 \\ \hline & \ 8.56 \end{aligned}$$

Si le corps est décomposé en $PH_3 + HCl$, c'est-à-dire en deux molécules, le coefficient critique sera égal à $\frac{8.56}{2} = 4.3$.

C'est à ce dernier chiffre que conduisent les expériences de M. van t'Hoff qui a trouvé :

$$\vartheta = 50°.5 \qquad \pi = 80^{atm.}$$

d'où l'on tire :

$$\varkappa = \frac{273 + 50.5}{80} = 4.0$$

Le chlorure de phosphonium n'existe donc plus à la température critique.

Indépendamment de ces exemples qui me paraissent probants, il y a des faits d'expérience qui viennent confirmer les règles relatives aux coefficients critiques des mélanges. Ainsi, d'après des observations personnelles de MM. Vincent et Chappuis, que ce dernier a eu l'amabilité de me communiquer, la température critique d'un gaz impur est souvent très voisine de celle du gaz pur, tandis qu'alors la pression critique s'élève d'une façon très appréciable. Voici, par exemple, quelques observations à l'appui de ce fait, relatives au chlorure de méthyle[1] :

« 1° Remplissage du tube par circulation; fermeture « à la lampe, — gaz impur :

$$\vartheta = 141^\circ.5 \qquad \pi = 77^{\text{atm.}}$$

« 2° Remplissage du tube par la méthode du vide, « — fermeture à la lampe $\left(\text{impureté gazeuse : } \frac{1}{150}\right)$

$$\vartheta = 141^\circ,5 \qquad \pi = 74^{\text{atm.}}$$

« 3° L'impureté provenant probablement du chauf- « fage du chlorure de méthyle au moment de la ferme- « ture, l'emploi de la lampe a été supprimé dans un troi- « sième mode de remplissage, et l'on a trouvé :

$$\vartheta = 141^\circ.5 \qquad \pi = 73^{\text{atm.}}$$

« La pression critique a donc baissé de $4^{\text{atm.}}$, soit « d'environ 5 °/₀. »

[1] Pour le détail du mode opératoire, voir *Journ. de Phys.*

Ces observations de MM. Vincent et Chappuis démontrent que la moindre impureté a pour effet de diminuer la valeur du coefficient critique; c'est ce qui doit arriver d'après les règles auxquelles est soumis le coefficient critique d'un mélange.

V

Jusqu'à présent, j'ai laissé de côté les corps qui font exception à la loi de proportionnalité entre le coefficient critique et le pouvoir réfringent moléculaire. Il importe de les passer scrupuleusement en revue et de voir jusqu'à quel point cette loi est infirmée.

Un premier groupe d'exceptions est constitué par les gaz les plus difficilement liquéfiables, oxygène, azote, oxyde de carbone, pour lesquels on trouve en effet :

Corps.	$273 + \vartheta$	π	$\varkappa$	Observat[rs]	MR Raie D	f
Oxygène O_2	155	50	3.0	W. O.	4.03	1.3
Azote N_2.............	127	35	3.6	O.	4.42	1.2
»	126.6	32.5	3.9	W.	4.42	1.1
Oxyde de carbone CO....	133.5	35.5	3.8	O.	4.99	1.3
» » ...	131.9	35.9	3.7	W.	4.99	1.4

Les pouvoirs réfringents moléculaires ont été calculés par M. Brühl au moyen des données de Regnault et de M. Mascart.

Je n'ai encore trouvé aucune explication plausible rendant compte de ces trois exceptions. On remarquera seulement que les pouvoirs réfringents moléculaires sont déterminés à 120—150° en dessus des températures critiques, tandis que pour tous les corps figurant dans les tableaux II,

III et IV, cette détermination est faite ou dans le voisinage de la température critique ou à une température notablement inférieure. On peut donc se demander si la quantité $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{d}$ reste bien indentique à elle-même dans d'aussi grands intervalles de température.

Un deuxième groupe est formé par des corps pour lesquels la valeur de f est telle qu'une correction de 10 % (donc comprise entre les limites des erreurs d'observation) la ferait rentrer dans les valeurs normales trouvées précédemment.

Corps.	$273 + \vartheta$	π	$\varkappa$	Observat[rs]	MR	f
Éthylamine $C_2H_5NH_2$...	450	66	6.8	V. C.	14.87	2.2
Benzine C_6H_6	553.6	49.5	11.2	Sj.	24.99	2.2
» »	564.7	60.5	9.3	R.	24.99	(2.7)
Chloroforme $CHCl_3$....	553.0	59.9	9.7	Sj.	20.85	2.2
Hydrogène sulfuré H_2S.	373.2	92.0	4.1	D.	8.91 (jour)	2.2

Les pouvoirs réfringents moléculaires sont rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie, à l'exception de celui de l'hydrogène sulfuré qui est relatif à la lumière du jour, et qui est tiré du mémoire de M. Bleckrode déjà cité ; la valeur 14,87 pour l'éthylamine a été calculée; les autres valeurs de MR ont empruntées au mémoire de M. Landolt.

Viennent ensuite dans un *troisième groupe* les corps qui exercent à la température critique une action chimique sur le mercure :

Corps.	$273 + \vartheta$	π	$\varkappa$	Observat[rs]	MR	f
Tétrachlorure de carbone CCl_4...	555	57.6	9.6	D	25.82	2.7
Chlorure d'éthylène CH_2ClCH_2Cl.	561.4	53.0	10.6	N	20.49	2.4
Chlorure d'éthylidène CH_3CHCl_2.	523	50	10.5	N	20.64	2.5
Chlore Cl_2..................	414	83.9	3.4	D	11.56 (D)	3.4
Sulfure de carbone CS_2........	544.8	74.7	7.3	Sj.	17.91 (D)	2.4
» »	550.7	78.1	7.0	H	17.91	2.6

Les pouvoirs réfringents moléculaires sont tirés du mémoire de M. Landolt, ils sont rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie. Pour le chlore seul, cette constante, calculée par M. Brühl, est relative à la raie *D* du sodium.

Tous les corps réunis dans ce 3me groupe exercent une action sur les vapeurs de mercure en présence desquelles ils se trouvent lorqu'on détermine leur point critique. Le fait a été nettement constaté par M. Nadesjdine pour les chlorures d'éthylène et d'éthylidène. Je me suis assuré par des expériences directes qu'il en est de même à des températures inférieures à la température critique (à 240°) pour le tétrachlorure de carbone et pour le sulfure de carbone. L'action du chlore sur le mercure est connue depuis longtemps.

Les constantes critiques de tous ces corps ne se rapportent donc pas à des substances pures et, en vertu des règles relatives aux mélanges, ne peuvent par conséquent satisfaire à la loi proposée.

Il semble, à première vue, que les exceptions signalées dans les deux derniers groupes sont propres aux composés chlorés et sulfurés. Mais il n'en est rien : les tableaux II, III et IV contiennent plusieurs corps de ces catégories qui se conforment à la loi (chlorure de méthyle, éthyle, propyle; thiophène).

Les valeur de f fournies par les exceptions du 3me groupe sont toutes plus fortes que la moyenne 1,8, entre les limites 1,6—2,0. Ce résultat est conforme aux règles posées plus haut sur le coefficient critique des mélanges.

Dans un quatrième et dernier *groupe* il faut enfin faire rentrer deux exceptions assez singulières dues à l'eau et à l'alcool méthylique; ces deux corps conduisent aux valeurs

suivantes de *f* en prenant pour pouvoirs réfringents moléculaires les nombres consignés dans le mémoire de M. Landolt, relatifs à un rayon de longueur d'onde infinie :

Corps.	273 + ϑ	π	x	Observat^rs	MR	f
Eau H_2O	631.1	—	3.2	N.	3.62	1.1
»	643	195.5	3.3	St.	3.62	1.1
Alcool méthylique CH_3OH	506	69.7	7.3	N.	8.01	1.1
» »	505.8	72.9	6.9	H.	8.01	1.2

Ces résultats réclament quelques explications.

Les constantes critiques de l'eau ne peuvent être déterminées exactement, les tubes de verre étant attaqués par l'eau ainsi que l'a constaté M. Paulewski. Les constantes critiques de l'eau ont donc été déterminées indirectement par M. Strauss; M. Nadesjdine en opérant dans un tube métallique platiné a pu déterminer la température critique seulement, et le résultat auquel il est arrivé est assez rapproché de celui de M. Strauss.

Si l'on regarde donc comme à peu près exactes les déterminations des constantes critiques de l'eau et de l'alcool méthylique et si l'on se reporte aux règles posées précédemment on verra qu'il suffit de doubler les poids moléculaires M des deux corps pour doubler les valeurs de MR et arriver ainsi à des valeurs de *f* (2,2) rentrant à 10 °/₀ près dans les limites normales trouvées précédemment. On arrive ainsi à admettre que l'eau et l'alcool méthylique conservent au point critique le poids moléculaire double qu'on leur trouve lorsqu'on les étudie à basse température par la méthode cryoscopique de M. Raoult.

En résumé les trois gaz oxygène, azote et oxyde de carbone conduisent seuls à des valeurs de *f* un peu trop faibles dont il est encore difficile de rendre compte.

Tous les autres cas exceptionnels sont susceptibles de recevoir une interprétation plausible, parfaitement conforme aux règles qui ont été développées plus haut.

VI

Bien que la relation $MR = 1{,}8\varkappa$ soit vérifiée avec la précision qu'on peut demander aux expériences dont on tire les éléments numériques nécessaires, il importe de ne pas oublier qu'elle ne peut être qu'approchée.

Pour démontrer la proportionnalité du pouvoir réfringent moléculaire au coefficient critique, on a supposé que $(1 + 3\pi\varphi^2)\left(1 - \frac{\varphi}{3}\right)$ est égal à 1 ou tout au moins en diffère très peu. Il n'en est peut-être pas toujours ainsi, et il faudrait alors revenir à la formule fondamentale que j'ai établie au début de ce travail.

$$b = \text{FMR}$$

qui implique la proportionnalité du co-volume b et du pouvoir réfringent moléculaire.

Quelles conclusions générales faut-il tirer maintenant de l'ensemble des résultats qui viennent d'être exposés. Peut-on, par exemple, les envisager comme une preuve de l'exactitude des conceptions théoriques de M. van der Waals sur la constitution des gaz et des liquides, de M. Maxwell sur la théorie électro-magnétique de la lumière, et de Clausius sur la nature des diélectriques? Je ne le pense pas.

Toutes ces théories, si ingénieuses et souvent si sédui-

santes, ne sont en effet et ne peuvent être que des approximations. Si l'on arrive par la combinaison de leurs divers éléments à des résultats nouveaux, confirmés par l'expérience, comme ceux exposés dans les pages précédentes, c'est simplement parce que les bases dont on est parti, sont des approximations du même ordre. En tant qu'approximations, ces théories reçoivent ainsi une nouvelle confirmation, mais elles n'en restent pas moins des approximations.

Ces réserves faites, une notion cependant me paraît se dégager clairement de ce travail, c'est celle du co-volume de l'équation fondamentale des gaz et des liquides, car si le coefficient critique et le pouvoir réfringent moléculaire sont des constantes proportionnelles, c'est parce qu'on peut établir que toutes deux sont proportionnelles au co-volume b. Cette notion dont la nécessité a pu être contestée, me paraît dès lors s'imposer, puisqu'elle peut conduire à des résultats nouveaux et inattendus entre des constantes thermiques, optiques, chimiques et électriques, résultats qu'on me permettra de résumer en terminant cette étude :

Par la nature même des définitions, j'ai été conduit à énoncer la loi nouvelle suivante :

Le co-volume de l'équation fondamentale des gaz et des liquides est proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire.

De là j'ai déduit une seconde loi : *Le coefficient critique est très approximativement proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire;* toutes les données expérimentales que l'on possède en cette matière permettent de vérifier l'exactitude de cet énoncé; les corps faisant exception se trouvent au point critique dans des conditions telles, qu'on peut donner, en général, au résultat obtenu une interprétation parfaitement plausible.

La loi précédente m'a ensuite servi à la détermination des poids moléculaires au point critique, détermination qui se simplifie considérablement par l'introduction de coefficients atomiques critiques proportionnels aux coefficients atomiques de réfraction.

J'ai déduit enfin les règles approchées suivant lesquelles doivent varier les coefficients critiques des mélanges, ce qui permet, entre autres résultats, de reconnaître que le chlorure de phosphonium n'existe plus comme combinaison au point critique, qu'il est alors décomposé en $HCl + PH_3$.

La plus grande partie des calculs que comporte cette étude ont été confiés à M. Guiblet, auquel j'exprime ici toute ma reconnaissance pour le soin qu'il a apporté à ce travail.

Paris, février 1890.

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1889

PAR

MM. Ernest FAVRE & Hans SCHARDT.

PREMIÈRE PARTIE

Cette revue est divisée, comme les précédentes, en deux parties. La première comprend l'analyse des ouvrages généraux, des descriptions géologiques et des recherches relatives aux minéraux, roches, etc.; la seconde traite des travaux relatifs aux terrains, des formations plus anciennes jusqu'aux dépôts actuels.

NÉCROLOGIE. — L'année 1889 a vu disparaître un géologue dont le nom a souvent paru dans cette revue, M. Charles LORY, professeur à la Faculté de Grenoble, dont M. HOLLANDE[1] et M. BERTRAND[2] ont résumé la

[1] Hollande, Notice biographique et liste des publications de M. Lory. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, III, 45-48.

[2] M. Bertrand, Éloge de Charles Lory. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, XVII, 664-679.

carrière. Lory prenait souvent part aux réunions de la Société helvétique des Sciences naturelles; il était membre de la Société géologique suisse à la fondation de laquelle il s'est intéressé. Ses ouvrages sont nombreux et, pendant sa carrière scientifique, de près de quarante-cinq ans, il a beaucoup contribué aux progrès de la géologie du Jura et des Alpes. C'est lui qui a découvert et décrit, un des premiers, le terrain purbeckien dans le Jura. Son séjour comme professeur à Besançon lui permit de se vouer à l'étude de cette chaîne. Plus tard, fixé à Grenoble, il s'attacha davantage à la géologie des Alpes occidentales, dont l'orographie, les dislocations, certaines différences de facies, ont été l'objet de ses recherches. C'est à lui qu'on doit la théorie sur les dislocations des Alpes d'après laquelle les plis des terrains stratifiés de la surface correspondraient à des failles dans les terrains profonds.

M. Renevier a retracé la vie du géologue vaudois, Ph. de la Harpe[1] (1830-1882). Ses études sur le quaternaire, sur la mollasse, sur le sidérolithique du canton du Vaud et sur quelques localités des Alpes vaudoises et valaisannes, ont lié son nom à la géologie de la Suisse et du canton de Vaud en particulier; elles furent suivies plus tard d'une entreprise plus grande, celle d'une monographie du genre *Nummulites*. Quinze notices et mémoires ont paru sur ce sujet, mais ce ne sont que les préliminaires à l'œuvre plus générale à laquelle de la Harpe a consacré dix années de sa vie et qui resta malheureusement inachevée.

[1] E. Renevier, Philippe de la Harpe, sa vie et ses travaux scientifiques. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 1890, XXV, 1-16. Cette biographie est suivie d'une liste complète de ses travaux.

Enfin nous signalons avec tristesse la mort récente de V. Gilliéron (1826-1890). Sans avoir fait des études spéciales, il a été l'auteur de plusieurs travaux remarquables, fruits de ses patientes recherches. Occupé dans l'enseignement secondaire, d'abord dans le canton de Vaud, puis à Neuveville et en dernier lieu à Bâle, Gilliéron s'occupa de la géologie de la Suisse occidentale. Il commença par des travaux sur quelques points de la géologie du Jura, et sur le néocomien du Landeron; mais l'œuvre à laquelle il a consacré plus de vingt ans de travail et d'efforts, c'est la description géologique des Alpes fribourgeoises et d'une partie des Alpes bernoises dans les livraisons XII et XVIII des Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, parues en 1873 et 1885, et la carte géologique de cette région, renfermée sur la feuille XII de l'atlas fédéral au $^1/_{100000}$. Gilliéron s'est montré avant tout observateur; ennemi de la théorie sans bases solides, il n'en usait qu'avec une extrême prudence. Dans ses cartes et ses profils, il s'est efforcé de ne représenter que les faits observés. Ses ouvrages sont l'expression de recherches consciencieuses, sans idées préconçues. C'est à lui que l'on doit les premiers travaux complets sur la stratigraphie des Alpes fribourgeoises et surtout des Préalpes.

M. Gilliéron a dépensé ses forces et sa santé au service de la science à laquelle il s'était consacré d'une manière absolument désintéressée, et son départ laisse dans le cœur de ses collègues un profond regret.

Descriptions, roches, géologie dynamiqne, etc.

Descriptions géologiques.

CARTE DE LA SUISSE. — M. le Dr V. GILLIÉRON[1] a résumé les travaux qui ont conduit à l'achèvement de la carte géologique de la Suisse, en vingt-cinq feuilles et à l'échelle de $^1/_{100000}$. L'auteur expose l'origine de ce travail et les diverses phases par lesquelles il a passé. Il relève les imperfections et les défauts nécessairement inhérents à une œuvre à laquelle ont contribué de nombreux géologues qui n'appartenaient pas à la même école et travaillaient suivant des méthodes différentes; quoique la gamme des couleurs et la subdivision en grand des terrains fût la même, il y a entre les feuilles de la carte des divergences parfois sensibles. Pour obvier à ce vice, M. Gilliéron fait une série de propositions qui conduiraient à un résultat plus uniforme pour une nouvelle carte, au $^1/_{25000}$, sur laquelle on pourrait aussi donner une plus large place aux terrains récents; les recherches hydrologiques et d'autres renseignements pratiques devraient y être consignés. La publication de cette carte à un prix modique serait une œuvre réellement utile.

ALPES. — Le travail de M. le Dr C. SCHIMIDT[2] sur la

[1] Dr V. Gilliéron, Note sur l'achèvement de la première carte géologique de la Suisse à grande échelle. *Bull. Soc. belge de géologie*, 1889, III, 111-118.

[2] C. Schmidt, Zur Geologie der Schweizer-Alpen, 1889, 52 p., 1 pl.; l'un de nous a déjà donné un résumé de ce travail. *Archives,* 1889, XXII, 580.

géologie des Alpes suisses, résume les connaissances actuelles sur l'origine, la pétrographie et la structure de l'ensemble de cette chaîne. Il y traite des caractères essentiels des roches, de l'influence et du rôle du métamorphisme, et des confusions qui en résultent et qui compliquent la distinction des roches originellement sédimentaires des terrains primitifs ou même éruptifs. Il décrit ensuite la structure de la chaîne dans ses diverses régions, et la différence entre ses deux versants. Il remarque que le plissement définitif n'a commencé pour les deux régions que vers la fin de la période éocène; le versant nord a cependant subi des bouleversements antérieurement au dépôt des terrains mésozoïques. En définissant les diverses phases qu'a traversée la chaîne des Alpes, l'auteur trouve dans certaines régions de l'Europe, la Bretagne, la Forêt-Noire, les Vosges et les Pyrénées, des termes de comparaison qui permettent de se représenter ce qu'elle était dans les diverses phases de son évolution.

Deux profils transversaux de la chaîne des Alpes ont été étudiés par M. T.-A. BONNEY[1]. L'un d'eux passe de Grenoble à travers le massif de Belle-Donne et les Grandes-Rousses. L'autre suit la ligne de Liens à Kitzbühel dans les Alpes orientales (voir plus loin).

Dans un exposé descriptif, sous forme d'itinéraire, l'auteur suit le premier profil par étapes, allant d'abord de Vizille à Bourg-d'Oisans, en coupant le massif de Belledonne avec ses micaschistes et gneiss, ses roches granitiques et par places porphyroïdes, auxquelles succèdent

[1] T.-A. Bonney, Note on two traverses of the cristalline rocks of the Alps. *Qual. Journal of. geol. Soc. London*, febr. 1889, 67-111.

de nouveau des gneiss. Entre Bourg-d'Oisans et Briançon, il étudie la structure du massif des Grandes-Rousses, formé de roches cristallines avec interruptions de sédiments carbonifères et jurassiques visibles sur le passage du col du Lautaret. Le passage du mont Genèvre et du col de Sestrières conduit, à travers une grande épaisseur de sédiments jurassiques et triasiques, à un massif de roches cristallines formé de micaschite calcaire avec bandes de serpentine.

A la suite de la description des terrains crétacés et tertiaires des montagnes calcaires de la Savoie, M. HOLLANDE[1] a donné une série de profils qui font ressortir clairement la structure de ces chaînes placées au point où le Jura se soude aux Alpes. Les terrains crétacés avec les trois étages bien distincts du néocomien, suivis du crétacé moyen et supérieur, de l'éocène et du miocène, forment les chaînes extérieures dans lesquelles apparaissent aussi des affleurements de Berrias et de jurassique supérieur jusqu'à l'oxfordien. Le dogger et le lias n'apparaissent que dans les chaînes plus intérieures. Cette nouvelle séries de coupes complète celles qui ont déjà été décrites (Revue pour 1888 et 1887); elle se rapportent spécialement au massif des Beauges. A côté d'un grand nombre de petits profils de détail, montrant la structure de certains cols, vallons ou sommités et la disposition des couches sur le parcours d'un même pli, l'auteur a construit deux profils transversaux passant par les extrémités nord et sud du massif des Beauges. On reconnaît ici, comme dans toutes les Alpes calcaires du versant nord de la

[1] Hollande, Dislocations des montagnes calcaires, etc. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie,* 1889, III, 143-153, 4 pl.

grande chaîne, le rôle prépondérant des plis qui sont pour la plupart déjetés à l'ouest. Au pied du massif cristallin s'élève, à l'ouest de la vallée de l'Arly, une montagne jurassique et liasique, coupée par deux failles et qui porte la pointe de la Sellive. Plus à l'ouest les synclinaux et les anticlinaux se suivent régulièrement, presque comme dans le Jura, mais avec un déjettement plus prononcé. Les vallées sont creusées sur le parcours des plis synclinaux, quelques-unes cependant sont des anticlinales érodées. Une faille marque le contact avec le miocène de la vallée des Déserts. Ce terrain repose sur le tongrien qui offre ici un grand développement et paraît s'être déposé en partie sur les couches urgoniennes déjà érodées.

L'aquitanien et le tongrien pénètrent dans deux des vallées du massif des Beauges, et y reposent dans quelques cas sur le flysch.

M. Hollande termine son travail par un aperçu sur l'évolution des montagnes qu'il vient de décrire. L'absence des terrains silurien, dévonien et du calcaire carbonifère font conclure à une émersion antérieure au terrain houiller ; ce dernier et le trias recouvrent la formation cristallophyllienne en discordance et parfois même, le trias, presque horizontal, repose sur les schistes cristallins en position verticale. L'érosion des terrains primitifs pendant la formation du carbonifère est attestée par les blocs roulés contenus dans le verrucano et les matériaux cristallins des grès houillers. Les hautes Alpes de Savoie renferment toute la série des terrains jurassiques jusqu'au malm, dont l'existence est cependant douteuse. Une émersion a probablement arrêté la sédimentation marine dans la partie centrale jusqu'à l'époque

éocène; la mer de l'éocène moyen et supérieur a pénétré comme un golfe du col de Goléon au Cheval-Noir. Dans la zone subalpine, le soubassement des terrains sédimentaires est aussi formé par le houiller, ce qui démontre l'absence des terrains primaires. Le trias est un facies d'eau peu profonde. Le lias et le dogger coïncident avec un approfondissement lent des eaux, mais un haut fond paraît avoir existé au centre même de la zone subalpine de Savoie; le mouvement descendant se change en mouvement ascendant vers la fin de l'époque jurassique et coïncide avec l'émersion purbeckienne du Jura. Plus tard le crétacé accuse des oscillations successives, qui ont été les mêmes dans la zone subalpine et dans le Jura, sauf pour le crétacé supérieur. Par contre, à l'époque éocène, tandis que la mer a envahi les Alpes en pénétrant jusque dans l'intérieur du massif des Beauges, le Jura a dû être une terre ferme. A l'époque miocène le contraire a eu lieu.

La seconde partie des notions de géologie appliquée à la Haute-Savoie, par M. G. MAILLARD[1] s'étend aussi à la partie voisine de la France. L'auteur esquisse rapidement les allures du Jura savoisien, le chaînon du Vuache, l'îlot disloqué du Salève, celui de la Balme de Sillingy, qui sont tous des voûtes déjetées dans lesquelles un escarpement offre la succession des assises de la montagne, à partir de l'urgonien qui forme la calotte supérieure, jusqu'au jurassique qui apparaît à la base.

La description du plateau des Bornes renferme l'énumération des terrains récents qu'il contient : l'énorme

[1] G. Maillard, Notions de géologie élémentaire appliquées à la Haute-Savoie. *Revue savoisienne*, XXX, 1889. Voir *Revue géol.*, p. 1888, p. 178.

moraine calcaire de la Plaine des rocailles et les affleurements de mollasse qui prouvent que cette dépression entre le Salève et les Alpes est un véritable fond de bateau.

La région alpine de la Savoie, si bien décrite déjà par M. Alph. Favre, a une structure très compliquée. M. Maillard décrit la voûte du mont Semnoz, voûte néocomienne, placée sur la jonction du Jura et des Alpes; puis la vallée des Beauges, comblée de mollasse miocène; la montagne urgonienne d'Entevernes, suivie d'un vallon nummulitique. Sur les bords du lac d'Annecy, le mont de Veyrier, le roc de Cheyre et les dents de Lanfon offrent de l'urgonien, d'abord replié en ∽, puis en voûte aplatie surbaissée et enfin détaché en lambeaux au-dessus du néocomien dénudé; ces terrains jouent encore le plus grand rôle dans la montagne de la Tournette, dans le vaste plateau du Parmélan, sillonné de lapiés, et dans toutes les chaînes entre la Borne et l'Arve. L'aptien, le gault très fossilifère, et même la craie, surmontent l'urgonien; puis vient l'éocène, qui comble, entre les chaînes de Jalouvre, de Leschaux et de la Pointe-Percée, les plis synclinaux du crétacé. Quant aux massifs liasiques et triasiques des Annes, de la Croix de Châtillon, de Lachat et de la Pointe d'Alme, qui surgissent dans le bassin éocène entre la chaîne de Jalouvre et la Pointe-Percée, M. Maillard les considère, avec raison, comme des *klippes*; ces débris de montagnes existaient déjà au milieu des mers crétacée et éocène et n'ont plus guère subi de bouleversements considérables depuis cette époque.

L'auteur parle aussi du prolongement des mêmes chaînes à l'est de l'Arve et des montagnes plus intérieu-

res, du Buet, du Cheval-Blanc et du Sagerou, formées de terrain jurassique replié et appuyé contre le massif cristallin des Aiguilles-Rouges ; il résume la structure de ce dernier massif et de celui du Mont-Blanc, point central du groupe des Alpes de Savoie et du Piémont.

Revenant aux questions générales, M. Maillard donne un aperçu sur le développement cosmique, orogénique et géologique du globe, dont il applique les conclusions au pays exploré auparavant, et poursuit l'histoire géologique jusqu'à l'apparition de l'homme. Ce travail, accompagné d'une planche, sera utile pour initier les amateurs de géologie à la connaissance du sol et à la manière de l'étudier.

Alpes centrales. Versant nord. — M. MARSHALL-HALL[1] a combiné un itinéraire dans les Alpes suisses pour servir de guide à ceux qui voudraient faire une excursion géologique dans une ou deux régions des plus intéressantes de notre pays. Il passe à travers la vallée du Rhône, visite les Dents de Morcles, Vernayaz, Viège, les vallées de Saint-Nicolas et de Saas et les alentours du Mont-Rose, et résume les faits saillants de la géologie de cette région.

Le champ d'excursion du Club alpin suisse comprend pour les années 1888-1889, la région située entre le Rhin antérieur et la vallée du lac de Wallenstadt, soit le groupe du Calanda-Ringelspitz-Graue-Hörner. M. HEIM[2] en a résumé la structure géologique. C'est la région dans laquelle le refoulement latéral des Alpes glaronnaises a

[1] Capt. Marshall-Hall, Swiss geological Excursion. *Geological Magazine*, juin 1889, 252-255, 1 pl.

[2] A. Heim, Einige Worte zur Geologie des Clubgebietes. *Annuaire S. A. C.*, 1888-1889, 247-256, 1 pl.

agi avec le plus d'intensité; les couches se trouvent repliées et froissées de mille manières; les terrains anciens, soulevés à une grande hauteur et renversés, y reposent sur les couches tertiaires. Les Ringelspitz et les Graue Hörner présentent de part et d'autre du Calfeuser Thal une structure analogue. Leur sommet est composé de conglomérats et de schistes du verrucano (sernifite), représentants du terrain carborifère dans les Alpes. Le Lochseitenkalk (calcaire jurassique), se voit très aminci et laminé, en dessous du verrucano, tandis qu'ailleurs il est beaucoup plus épais. Les deux versants du Calfeuser Thal sont formés de flysch et laissent apparaître l'immense masse de ce terrain emprisonnée au milieu du double pli. Ce n'est que près de Vätis que la vallée, après avoir entièrement traversé le tertiaire, entame la série normale des terrains du malm jusqu'au verrucano.

M. Heim confirme la nécessité d'admettre la présence d'une seconde série normale des terrains au-dessus du verrucano renversé qui occupe le centre des deux voûtes couchées. L'ablation des terrains dans cette contrée a dû être de plus de 2000 mètres; ce qui en existe encore n'est qu'une ruine gigantesque. Une planche avec quatre profils explique la remarquable structure de ces montagnes.

L'auteur démontre plus loin la coïncidence entre la dépression du Kunkelspass et de la vallée de Vättis-Pfäffers, avec la vallée de Schams; il conclut de là à l'ancienne continuité de ces deux vallées. Une branche occidentale du Rhin coulait par cette dépression dans la vallée de Wallenstadt, et rejoignait par le Greifensee et la vallée de la Glatt le Rhin actuel. L'érosion latérale venant de l'est par une branche orientale du Rhin, a coupé

les eaux de cette branche principale et les a forcées à prendre un chemin plus long par la vallée du Rhin oriental. La vallée de Kunkel-Pfäffers est ainsi un tronçon de vallée, isolé par suite de l'érosion. La vallée de Churwalden à Lens est un autre exemple d'une vallée qui a été isolée et dont le creusement a été arrêté; elle appartenait au réseau du Rhin oriental.

Les recherches de M. C. DIENER[1], dans une partie des Grisons, Haute-Engadine, Oberhalbstein, Schams, etc., l'ont conduit à des conclusions différentes de celles de Théobald. Il étudie spécialement la nature des roches de Casanna et les schistes des Grisons, qui occupent dans cette région une place si importante.

La masse principale de ces montagnes se compose de micaschistes gneissiques et de phyllades calcaires, souvent accompagnées de calcaires cristallins et de roches éruptives, gabbro, diorite, serpentine. Ce groupe que M. Diener nomme phyllades calcaires (*Kalkphyllitgruppe*), correspond aux schistes de Casanna et en partie aussi aux schistes des Grisons. Aucun de ces deux terrains ne peut être envisagé comme appartenant à un seul horizon; ce sont des *facies*, qui se retrouvent à des niveaux variés; Théobald a classé les schistes de Casanna en entier dans le lias. Quant aux schistes des Grisons, M. Diener y distingue deux types; les roches du flysch éocène et les phyllades calcaires qui s'en distinguent facilement. Ce dernier groupe surmonte les conglomérats, arkoses, brèches et quartzites réunis par l'auteur sous le nom de verrucano et qui représenteraient le carbonifère et le permien.

[1] Dr Carl Diener, Geologische Studien im südwestlichen Graubünden. *Sitzungber. k. k. Acad. der Wissensch.*, Vienne, 1888, XCVII.

Le trias de cette région commence par des gypses et des marnes calcaires, suivis de cargneules avec conglomérats et brèches; des calcaires en dalles très puissants forment le groupe suivant et supportent le rhétien, caractérisé par ses fossiles. Cette succession rappelle le développement du trias des Alpes autrichiennes et ne se trouve plus à l'ouest du Splügen.

L'auteur décrit encore la disposition transgressive des sédiments mésozoïques sur leur soubassement de terrains plus anciens, observation qui a déjà été faite sur d'autres points.

Versant sud. — Les *Eclogæ géologiques* ont publié le programme des excursions de la Société géologique suisse en septembre 1889, dans les Alpes tessinoises. M. le Dr Schmidt[1] a résumé les particularités du champ d'excursion, en donnant quelques indications sur la structure de cette partie des Alpes et une planche de profils, ainsi que des notions sur les roches éruptives qui s'y rencontrent. Un tableau des terrains complète cette notice préliminaire.

Alpes orientales. — M. A. Böhm[2] a cherché à établir sur une base scientifique une division des Alpes orientales. Il critique l'ancienne méthode qui prend pour base de classification les dépressions creusées par les cours d'eau; les lignes hydrographiques sont, en effet, rarement en accord avec les accidents de la structure orotechtonique d'une chaîne. Il relève la séparation des Alpes en deux arcs d'âge différent séparés par une ligne de démarcation passant du lac de Constance par la vallée du Rhin

[1] *Eclogæ geol. helv.*, 1889, V.

[2] Aug. Böhm, Eintheilung der Ostalpen. *Geogr. Abhandl.*, von Prof. Dr A. Penck, Vienne, 1887.

au Splügen et au lac de Come. Les Alpes orientales offrent une division naturelle en trois zones; une zone centrale de gneiss et deux zones calcaires au nord et au sud, dans lesquelles les dépressions secondaires permettent d'établir dix-huit groupes qui renferment à leur tour des subdivisions plus petites. Cet essai de subdivision orogéologique est un véritable pas vers un classement rationnel de la grande chaîne alpine.

M. Bonney[1] a décrit une coupe transversale de la chaîne centrale des Alpes du Tyrol, dans la région du Brenner. Il s'occupe surtout de la structure des micaschistes argileux (Thonglimmerschiefer) et des micaschistes quartzeux qui occupent une large zone dans le Tyrol méridional et dans la vallée de la Drave (Pusterthal); il examine aussi le gneiss et les micaschistes de la vallée d'Isel; la partie supérieure de cette vallée offre, près Windisch-Matrei, des micaschistes argileux et calcaires, et plus haut, des schistes chloriteux, de la syénite (?) et du gneiss forment le massif du Gross-Glockner. La coupe passe ensuite par la chaîne au nord de la Salza, le Zillerthal, le passage du Brenner, traversant presque partout des micaschistes argileux. L'auteur donne la série suivacte :

1. Micaschistes alumineux (Thonglimmerschiefer), schistes micacés couleur gris-plomb avec plus ou moins de quartz et de calcaire, passant parfois au schiste chloritique.
2. Micaschistes et gneiss ressemblant au groupe lépontin (Saint-Gotthard).
3. Gneiss rubanés, gneiss granitoïdes et granits gneissiques assez semblables aux roches laurentiennes et hébridiennes. Les schistes argileux micacés sont l'analogue des schistes des Grisons et correspondent aussi, dans une certaine mesure, aux schistes lustrés des Alpes occidentales.

[1] T.-A. Bonney, Notes on two traverses, etc., *loc. cit.*

L'auteur complète ses observations par une série de diagnoses microscopiques des roches étudiées et par quelques analyses.

M. SIMONY[1] a publié la première livraison d'un travail sur le groupe du Dachstein (Alpes autrichiennes); c'est une description très complète de ce massif, illustrée de nombreuses planches relatives à la structure géologique et au relief de la surface.

JURA. — M. MARCOU[2] a fait paraître un mémoire sur l'histoire de la géologie du Jura jusqu'en 1870, dans laquelle ce savant commence par signaler la part qu'il a prise lui-même, avec le Dr Germain, au développement de la géologie de cette chaîne. Ces notes historiques font comprendre les difficultés contre lesquelles avaient à lutter les géologues pendant la naissance de cette science dans le Jura; elles font voir aussi la part importante qu'ont eu dans l'étude de ces montagnes les géologues suisses, Thurmann, Gressly, de Montmollin, Nicolet, Mérian, Studer, Alph. Favre, etc., et l'influence des travaux paléontologiques de Thurmann, d'Agassiz, de Desor, etc. On lira avec plaisir les notes biographiques sur ces hommes, qui ont contribué chacun pour leur part à faire connaître cette région. C'est dans ses relations personnelles que M. Marcou a puisé, en partie du moins, ses données; on voit ses amis et collaborateurs travailler avec lui à débrouiller la stratigraphie du Jura; il connaît la spécialité, les capacités de chacun et apprécie leur

[1] Fr. Simony, Das Dachsteingebiet. Ein geographisches Charakterbild aus den österreichischen Nordalpen. 1. Lief. Vienne, 1889. E. Hölzel.

[2] Jules Marcou, Les géologues et la géologie du Jura jusqu'en 1870. *Mém. de la Soc. d'émul. du Jura,* 1889, 80 pages.

valeur et leurs qualités. A voir la vivacité des souvenirs, on oublie qu'ils ont été rédigés au delà de l'Atlantique.

Une étude sur la zone limitrophe entre la région des chaînes du Jura et le plateau jurassique est due à M. le prof. MÜHLBERG[1]. Les travaux des tunnels du Bötzberg et du Hauenstein ont fait connaître en partie la structure de cette région remarquable. L'auteur a résumé les publications plus anciennes et a reproduit, à côté de ses propres profils, toutes les anciennes coupes géologiques dues à MM. Gressly, Mœsch, Müller, etc.

M. Mühlberg a entrepris cette étude en vue de construire un profil exact du tunnel projeté à travers la Schafmatt, montagne intermédiaire entre le Hauenstein et le Bötzberg. Cette région est le prolongement de la chaîne du Mont-Terrible, mais sa structure est très différente.

Le Bötzberg avait été étudié par M. Mœsch, mais le percement du tunnel a donné un résultat assez différent de l'étude préliminaire. Il a fait connaître, au pied nord du Linnerberg, un pli synclinal couché du jurassique supérieur renfermant un noyau de miocène, disposition qui correspond à un chevauchement de la chaîne du Jura par-dessus le plateau jurassique. Dans un profil plus étendu, comprenant non seulement le Linnerberg (Bötzberg), mais encore deux chaînons situés plus au sud, le Kalmegg et la Gislifluh, M. Mühlberg montre la disposition remarquable des voûtes déjetées et en partie chevauchées, avec plis-failles, anticlinales, etc., dues à la

[1] F. Mühlberg. Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse des Bözbergtunnels, des Hauensteintunnels, des projektirten Schafmatttunnels, etc. *Mittheilungen Aarg. naturf. Gesellsch.*, 1889, V, 40 p., 4 pl.

résistance inégale que le refoulement horizontal a rencontrée sur les bords du plateau jurassique.

En discutant le profil du Hauenstein, M. Mühlberg expose les difficultés rencontrées par Gressly et M. Lang dans leurs recherches sur cette chaîne, dont le versant sud a une structure extraordinairement compliquée. Neuf profils de cette chaîne ont été exécutés, soit avant, soit pendant, soit après la construction du tunnel, et cinq sont dus à Gressly, les autres à MM. Lang, Müller, Mœsch, etc.; ils diffèrent tous dans la disposition des couches du versant nord, tandis que du côté sud du tunnel, ils sont presque identiques. Le nouveau profil que donne M. Mühlberg a l'avantage de montrer la structure des chaînes voisines du Hauenstein et la disposition des couches dans la profondeur. Il faut admettre ici, comme au Bötzberg, un pli synclinal couché; mais ce pli a son jambage sud tout à fait étranglé par suite d'un chevauchement, car le trias se trouve superposé au miocène. Cette dernière coupe montre la complication extrême de la structure de cette montagne, causée par la combinaison de plis, de cassures, de failles et de chevauchements. L'énorme épaisseur du groupe du muschelkalk (240 m.) admise par Gressly se trouve réduite, par les recherches de M. Mühlberg, à 72 m. tout au plus (dolomie sup., 25 m., muschelkalk, 35 m., dolomie inf., 12 m.). Reconnaissant sa première estimation exagérée, Gressly avait admis d'abord l'existence de failles successives en gradins, puis des replis doubles et des ondulations, tandis que M. Lang admettait un pli en S couché. Plus tard, M. Mœsch supposa sur le versant nord du Hauenstein trois plis couchés, superposés en position presque horizontale. M. le prof. Müller paraît se rapprocher le plus de la vérité en supposant une triple su-

perposition du muschelkalk, par suite de chevauchements. Mais toutes ces hypothèses ne peuvent expliquer la succession du muschelkalk sur plus de 500 m. d'épaisseur, entre le sommet et l'entrée nord du tunnel. Il est certain qu'il ne peut y avoir de replis, puisque nulle part le muschelkalk ne se trouve dans une position renversée. Les six répétitions du même groupe de couches du muschelkalk doivent être attribuées à des chevauchements ou plis-failles, qui donnent à cette partie de la montagne une structure imbriquée très nette *(Schuppenstruktur)*. L'inflexion des couches observée dans le tunnel, au commencement de chaque nouvelle série, indique le pli originel par lequel a débuté chaque chevauchement.

M. Mühlberg a voué encore une attention spéciale à l'étude des eaux souterraines que la percée du tunnel a rencontrées en grande quantité. Les sources froides viennent de la surface à travers les fissures du muschelkalk, tandis que les dolomies qui recouvrent celui-ci et le surmontent servent de couche étanche. Des sources chaudes, venant de la profondeur, en suivant le muschelkalk, parvenaient précédemment jusqu'au sommet de la montagne, à 150 m. au-dessus du tunnel.

On aurait pu s'attendre à trouver, dans le Wiesenberg, une structure analogue à celle du Hauenstein ; cette montagne présente pourtant de notables différences. Tandis que les bancs de muschelkalk sont superposés dans le Hauenstein, à partir du niveau de la vallée, à Läufelfingen (500 m.), au Wiesenberg on ne trouve une série analogue de plaques imbriquées que vers le sommet de la montagne (1004 m.); bien plus, la chaîne du Hasenhubel, qui s'applique comme un contrefort au pied nord du Hauenstein et qui offre plusieurs failles et chevauche-

ments, manque ici en apparence, et le Wiesenberg occupe à la fois l'emplacement du Hauenstein et du Hasenhubel. Il faut admettre qu'ici le massif compliqué qui forme, plus à l'ouest, le Hauenstein, a été poussé par-dessus la chaîne du Hasenhubel, suivant le plan de glissement du grand chevauchement qui fait reposer, au nord du Hauenstein, le trias sur le miocène. Cette disposition est encore compliquée de failles et de chevauchements profonds qui font de cette chaîne un vrai labyrinthe, surtout pour ceux qui voudraient tout expliquer par des plissements et retrouver la même succession de plis dans chaque segment de la chaîne.

Le profil étudié le long du parcours présumé du tunnel de la Schafmatt montre une structure semblable à celle du Hauenstein. La moitié nord est formée par un grand chevauchement du muschelkalk, avec les terrains qui le surmontent. La région de la Stellifluh offre une structure imbriquée absolument analogue à celle du Hauenstein, tandis que la voûte qui, dans ce dernier, est simplement bombée au sud-est, est ici écrasée et déjetée au sud.

Quoique la formation sidérolithique indique, par son importance dans le Jura argovien et soleurois, une longue période d'émersion, on constate que les sédiments tertiaires plus récents ont été ployés et disloqués, aussi bien au nord qu'au sud de la chaîne qui borde le plateau jurassien. La dislocation définitive de cette région n'a donc eu lieu qu'après la période miocène.

Pour s'expliquer l'intensité de ces bouleversements, il faut admettre que, pendant la période qui les a précédés et peut-être simultanément avec eux, la région des chaînes du Jura a subi des dénudations considérables, qui ont

enlevé tous les terrains jusqu'au muschelkalk, et que ce terrain a été profondément fissuré et disloqué. Le chevauchement de la chaîne du Mont-Terrible par-dessus la chaîne du Hasenhubel paraît avoir eu lieu simultanément avec le plissement de celle-ci et même avec la formation de la structure imbriquée du conchylien.

Cette recherche nouvelle confirme la justesse des vues de M. le prof. Müller, de Bâle, qui, il y a quarante ans déjà, avait expliqué la structure de ces chaînes par des superpositions plusieurs fois répétées, tandis que d'autres géologues ne voulurent y voir plus tard que des plissements multiples.

Forêt-Noire. — Une description détaillée d'une section de la Forêt-Noire, le Münsterthal, est due à M. Ad. Schmidt[1]. L'auteur décrit d'abord l'étendue et le caractère orographique, topographique et hydrographique de cette région, le groupement des massifs, sommités et chaînons. Les roches principales sont le gneiss, avec du porphyre et des filons métallifères. Dans le voisinage, on trouve les couches du culm, du grès bigarré, du muschelkalk, du lias, du dogger en très faible développement, et, vers la plaine du Rhin, du tertiaire, avec des dépôts diluviens. Une bibliographie accompagne ce travail. La première partie traite du terrain primitif, d'abord au point de vue pétrographique; on peut distinguer plusieurs variétés de gneiss, granit, leptinite, amphibolite, roches amphibolitiques, pyroxéniques, felsitiques, etc. L'étude de la structure du gneiss permet de constater des modifications diverses

[1] Dr Adolf Schmidt. Geologie des Münsterthales im badischen Schwarzwalde. *Verhandl. d. naturhist.-medic. Vereins Heidelberg*, 1888, III, 467-617; 1887, IV, 56-227; 1889, IV, 303-414. 1 carte.

expliquant l'origine de cette roche. La description de chaque espèce et chacune des variétés est accompagnée d'une diagnose macroscopique et microscopique. Puis l'auteur décrit la succession de ces roches et spécialement la relation entre le gneiss et le granit; ce dernier traverse le gneiss sous forme de massifs ou filons qui restent limités à l'intérieur des formations anciennes, sans jamais pénétrer dans la couverture sédimentaire.

Dans la seconde partie, l'auteur examine la nature des porphyres, qu'il groupe en porphyres basiques et syénitiques sans quartz et en porphyres acides granitiques et felsitiques. Les porphyres du Münsterthal, qui sont presque exclusivement de ces derniers, se groupent, à leur tour, en trois variétés, soigneusement décrites. Ces roches sont plus récentes que le granit et le gneiss, dont elles renferment des débris. Le porphyre est partiellement même plus récent que le kulm, mais plus ancien que le grès bigarré.

Enfin, la troisième partie de cet important travail est consacrée à l'étude des filons métallifères. Les minéraux et minerais sont fort nombreux, il en est bien peu cependant dont l'exportation offre quelque chance de rendement, ce sont : galène, blende, chalcopyrite, pyrite, marcasite, magnétite, fahlerz, pyrargyrite, argentite, argent natif, stibine, plumosite, arsenic natif, réalgar, cérusite, pyromorphite, eusynchite, smithsonite, aurichalcite, calamine, limonite, ocre, quartz, calcédoine, silex corné, spath fluor, barytine, dolomie, calcite, oligiste spéculaire, gypse. L'auteur décrit ces espèces et leurs variétés et ajoute, pour celles qui ont donné lieu à des exportations, l'histoire et l'importance de celles-ci.

(*A suivre.*)

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS DIGESTIFS

PAR

Catherine SCHIPILOFF

En terminant mon précédent travail sur les ferments digestifs[1], je signalais les observations publiées par M. R. Oddi et intitulées *Azione della bile sulla digestione gastrica* (Perugia, 1887), et je me promettais de revenir plus tard sur ce travail.

Les observations faites par M. Oddi sont en effet en contradiction formelle, sur quelques points, avec les idées que j'ai cherché à démontrer dans mon travail, elles nécessitent donc de ma part une étude spéciale ; cette étude fera l'objet du présent travail.

Voici d'abord en quoi consistent les expériences de M. Oddi.

[1] Recherches sur les ferments digestifs. *Archives des sciences phys. et nat.*, t. XXII, 1889, Genève.

Pour étudier l'influence de la bile sur le suc gastrique, l'auteur fait communiquer directement l'estomac avec la vésicule biliaire, et la bile est ainsi déversée entièrement dans l'estomac. C'est sur les chiens qu'il fait ses expériences; ces animaux supportent bien l'opération, mais acquièrent un appétit formidable; même ceux qui avant l'opération mangaient très peu et comme à contre-cœur, deviennent insatiables après l'opération. M. Oddi nourrit ses chiens avec de la viande exclusivement.

Pour s'assurer que la digestion, — la peptonisation, — s'effectue chez ces animaux, il pratique une fistule stomacale et constate alors que le chyme stomacal extrait par la fistule et convenablement traité, montre une couleur violette très intense par la réaction du biuret. M. Oddi en conclut que la pepsine n'a pas perdu son activité, malgré la présence de la bile, et que même les fonctions stomacales sont activées ainsi que le prouverait l'augmentation de l'appétit chez les animaux opérés. Ces expériences me paraissent très intéressantes, mais je ne puis accepter les conclusions de leur auteur.

Un grand nombre d'expérimentateurs ont montré, et M. Oddi cite leurs observations, que la bile arrête l'activité de la pepsine; ce phénomène, pour avoir été diversement expliqué, n'en existe pas moins, et je crois du reste avoir démontré par mes expériences qu'en dehors même des effets mécaniques de la bile sur le suc gastrique, effets de précipitation, etc., etc., la bile exerce encore une action propre sur la pepsine dont elle annule le pouvoir peptonisant.

Qui donc a raison? Et comment expliquer la présence de peptones dans l'estomac chez les chiens de M. Oddi?

Je crois pouvoir répondre à cette question.

J'ai prouvé dans mon premier travail sur les ferments digestifs[1], que les glandes de Brunner donnaient par infusion un liquide possédant les propriétés de la pepsine, avec cette différence, toutefois, que l'action de ce ferment pouvait s'exercer librement en présence de la bile.

Pour faire mes infusions de suc des glandes de Brunner, je me suis servie de la muqueuse du duodenum à partir de l'anneau pylorique; mais le siège de ces glandes est-il exclusivement limité à ces régions?

D'après Grützner, des glandes analogues aux glandes de Brunner tapissent aussi le pylore. Peut-être la muqueuse de l'estomac au voisinage du pylore, en contient-elle aussi? Cette question mérite examen.

Pour la résoudre, c'est au procédé des infusions de ferments qu'il faut s'adresser.

N'ayant pas eu d'estomacs de chiens à ma disposition, c'est sur des estomacs de porcs que j'ai fait mes recherches et c'est de la bile de porc que je me suis servie. On pourra m'objecter, que ce qui est vrai pour le porc ne l'est pas lorsqu'il s'agit du chien; mais on admet en général que les propriétés du suc gastrique sont les mêmes chez des animaux aussi voisins par leur mode d'alimentation que les chiens et les porcs. M. Oddi en conviendra assurément puisqu'il tire de ses recherches sur les chiens, des conclusions sur lesquelles il croit pouvoir établir des conseils applicables dans certains cas pathologiques chez l'homme; du reste les physiologistes qui ont des chiens à leur disposition n'auront qu'à répéter mes observations sur ces animaux, il faudra dans ce cas sacrifier les chiens et faire des infusions avec la muqueuse des différentes régions de

[1] Loc. cit.

leur estomac, car ici l'examen du suc gastrique s'écoulant par la fistule ne peut rien nous apprendre puisque ce suc est le mélange de toutes les sécrétions des glandes de l'estomac.

Je rappellerai ici en quelques mots les propriétés du ferment des glandes de Brunner que j'ai établies dans mon précédent travail.

L'action peptonisante des glandes de Brunner est analogue à celle de la pepsine, et s'exerce exclusivement dans un milieu acide, l'HCl très dilué convient parfaitement.

Mais ce ferment se distingue de la pepsine par les propriétés suivantes :

1° Son action peptonisante s'exerce aussi bien en présence de la bile, à moins que celle-ci ne soit en quantité assez considérable pour empêcher totalement le gonflement de la fibrine par exemple.

2° La présence de l'infusion de salsepareille dans le liquide digestif ne l'empêche pas non plus.

3° Enfin ce ferment n'exerce aucune action destructive sur les autres ferments.

Ces différences nous permettront toujours de distinguer l'action du ferment des glandes de Brunner de celle de la pepsine. Dans un liquide qui les contiendrait tous deux, la persistance de la peptonisation malgré la présence de la bile ou de l'infusion de salsepareille, nous indiquera l'existence du ferment des glandes de Brunner, tandis que l'action destructive du liquide sur les autres ferments solubles nous révélera la présence simultanée de la pepsine dans le liquide.

Afin d'éviter les redites, c'est à mon précédent travail sur les ferments digestifs que je renvoie pour tous les dé-

tails concernant la partie technique de l'expérimentation [1].

En commençant ces recherches j'ai d'abord pris des estomacs de porc provenant d'animaux tués en pleine digestion stomacale, c'est en effet un procédé tout indiqué pour obtenir une infusion riche en ferments; je lavai à grande eau la surface de cette muqueuse et, après avoir isolé la partie blanche pylorique de la muqueuse de la partie rouge qui tapisse la grosse extrémité de l'estomac, j'infusai séparément ces deux parties dans un mélange de glycérine et d'eau, acidulé convenablement avec de l'HCl dilué.

Sur 8 estomacs que j'avais ainsi préparés, 5 donnèrent pour la partie pylorique et la partie rouge de la muqueuse, des infusions présentant des propriétés distinctes, les unes n'indiquaient que la présence de la pepsine, les autres montraient l'existence du ferment des glandes de Brunner seul; mais les six infusions obtenues avec les 3 autres estomacs présentaient des qualités mixtes, paraissant résulter du mélange, en proportions du reste très inégales, des deux ferments peptonisants dans le même liquide.

Ces faits m'intriguèrent beaucoup.

Je ne pouvais m'expliquer un pareil résultat, qu'en supposant que le lavage à l'eau, auquel j'avais soumis la muqueuse de l'estomac avant d'en faire l'infusion, n'avait pas complètement débarrassé la muqueuse de la couche de mucus mélangé de suc gastrique qui y adhérait. Je raclai alors la muqueuse de l'estomac pour la débarrasser complètement de la couche de mucus, et je la lavai beaucoup plus soigneusement avec une grande quantité

[1] Loc. cit.

d'eau; ce procédé me donna des infusions bien plus pures mais non entièrement privées de ferment accessoire; elles avaient en outre l'inconvénient d'être assez faibles, le raclage ayant enlevé une bonne partie de la muqueuse glandulaire.

Il faut croire que la muqueuse stomacale pendant la digestion s'imbibe pour ainsi dire du suc gastrique (mélange des deux ferments), et il est difficile de l'en débarrasser.

Je pensais alors qu'il valait mieux se servir d'estomac provenant d'un animal à jeun; l'estomac étant alors complètement vide, la muqueuse ne sécrète point de suc gastrique, ses glandes sont pour ainsi dire remplies de ferment (ou proferment), mais elles ne l'ont pas encore déversé au dehors, le mélange des deux ferments n'a par conséquent pas pu s'effectuer.

Mes prévisions se sont trouvées justes, et c'est en m'adressant à des animaux à jeun, tués environ 30 heures après leur dernier repas, que j'ai pu obtenir des estomacs fournissant toujours des infusions parfaitement pures de chacun des deux ferments peptonisants. Je me faisais apporter les estomacs aussitôt après la mort de l'animal, intacts et liés aux deux bouts, et je ne me servais que de ceux qui étaient entièrement vides.

J'ai fait mes infusions avec des portions fractionnées de la muqueuse stomacale, en mettant dans chaque infusion une partie bien isolée de la muqueuse que je voulais étudier; cette muqueuse était réduite en fragments extrêmement fins et mélangés avec un liquide composé de 2 vol. d'eau avec 1 vol. de glycérine; le tout était acidulé d'HCl jusqu'à réaction acide faible, mais nette, et digéré au bain-marie à 38° C. pendant 24 heures.

Ces infusions convenablement diluées et acidifiées étaient essayées sur la fibrine et sur les divers ferments solubles, pancréatique, diastatique, etc., etc., en présence ou en l'absence de la bile ou de l'infusion de salsepareille d'après les procédés que j'ai déjà indiqués dans mon précédent travail [1].

Résultats :

Chez le porc l'estomac contient deux genres de ferments peptiques.

La pepsine est sécrétée exclusivement par les glandes situées dans la partie gris rougeâtre de la muqueuse qui tapisse le milieu et la grosse extrémité de l'estomac.

Outre les glandes qui sécrètent la pepsine, il existe dans la muqueuse de l'estomac une autre espèce de glandes, qui sécrètent un ferment peptonisant, dont l'action est en tous points semblable à celle du ferment sécrété par les glandes de Brunner situées dans le duodenum. Ces glandes sont situées dans la muqueuse blanche, pylorique, de l'estomac, mais elles ne semblent pas y être uniformément distribuées.

Si on fait des infusions avec des bandes annulaires de la muqueuse blanche, prises sur toute la surface de l'estomac, on voit que la richesse en ferment peptonisant diminue à partir de l'anneau pylorique, et les infusions de la muqueuse blanche prise à une distance de 20-25 cent. à partir de l'anneau pylorique vers le milieu de l'estomac, ne donnent qu'un liquide très filant, mais dont l'action peptonisante est excessivement faible.

On peut donc admettre que la répartition des glandes

[1] Loc. cit.

de Brunner (on peut, je crois, donner ce nom aux glandes pyloriques aussi) est la suivante : le duodenum depuis le canal cholédoque, l'anneau pylorique, et la partie blanche pylorique de la muqueuse stomacale sur une zone annulaire de 20 à 25 cent. de largeur.

Le ferment sécrété par les glandes pyloriques possède une action peptonisante analogue à celle de la pepsine et s'effectuant, comme elle, exclusivement dans un milieu acide ; l'acide chlorhydrique très dilué lui est surtout favorable.

Son action semble être moins rapide que celle de la pepsine, si l'on en juge par la comparaison de l'action digestive des deux infusions obtenues en observant les mêmes proportions dans les quantités de muqueuses et de liquides employées. Tandis que 10 cc. de liquide peptique mettent 20-30 minutes pour digérer un flocon de fibrine, un égal volume de l'infusion des glandes de Brunner ou des glandes pyloriques de l'estomac, met une heure et même quelquefois davantage.

Le ferment des glandes pyloriques ne digère pas les autres ferments solubles ; son action peptonisante s'exerce aussi bien en présence de la bile ou de l'infusion de salsepareille; ces propriétés le distinguent de la pepsine et montrent son analogie parfaite avec le ferment des glandes de Brunner.

Un mélange de pepsine et de liquide des glandes pyloriques donne un suc gastrique à propriétés mixtes. Ce suc opère la destruction des ferments solubles, mais cette action cesse dès qu'on y ajoute de la bile, car elle est due à la pepsine ; en revanche, la digestion de la fibrine n'est pas annulée par la présence de la bile, elle est seulement retardée. En effet, au lieu de l'action digestive combinée de la pepsine et du ferment des glandes de Brunner, ac-

tion digestive très rapide sur la fibrine, nous n'avons plus dans notre mélange qui contient la bile, que l'action du ferment des glandes de Brunner seule, laquelle est relativement assez lente.

Le suc gastrique que M. Oddi recueillait sur ses chiens présentait bien la réaction du biuret, et montrait ainsi l'existence d'une certaine peptonisation, mais rien ne nous prouve que la digestion stomacale s'effectuait en effet normalement et complètement chez ses chiens, et que la peptonisation des matières animales ingérées fût effectuée dans l'estomac avec une vigueur suffisante pour permettre à l'animal de se nourrir convenablement. L'appétit insatiable dont ces animaux souffraient après l'opération, prouverait, tout au contraire, que la nutrition s'effectuait incomplètement, et qu'un grand excédent de nourriture était indispensable pour maintenir les animaux en bonne santé, et suppléer ainsi à l'insuffisance de la fonction digestive gastrique, laquelle était réduite à l'action exclusive du ferment des glandes pyloriques.

Il est bon de remarquer que M. Oddi nourrissait ses chiens de viande exclusivement, ils ne pouvaient donc pas se rattraper sur la graisse ou les féculents pour satisfaire la faim qui les tourmentait, et l'insuffisance de la digestion gastrique peptonisante devait se faire sentir chez eux avec d'autant plus de force.

En somme, les expériences de M. Oddi prouvent seulement que la présence constante de la bile dans l'estomac est bien supportée par les chiens, il suffit d'augmenter leur ration de nourriture; mais elles ne prouvent nullement que la digestion gastrique s'effectue normalement chez les animaux ainsi opérés.

Genève, février 1890.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

G.-V. Schiaparelli. Sulla rotazione di mercurio..... Sur la rotation de mercure. (*Astron. Nachrichten*, nº 2944, vol. 123, p. 241.)

M. Schiaparelli a commencé l'étude assidue de la planète Mercure en 1882 et la plupart de ses observations et de ses dessins datent de cette année-là et de la suivante. Il n'en a publié les résultats qu'en 1889, parce qu'il voulait vérifier, au moyen de son nouveau réfracteur de 18 pouces d'ouverture, ce qu'il avait observé avec son ancienne lunette de 8 pouces.

Sur presque tous les points M. Schiaparelli modifie les idées que l'on s'était formées sur l'apparence et le mouvement de rotation de Mercure, d'après les observations de Schrœter et de Harding au commencement de ce siècle.

Schrœter avait trouvé une durée de la rotation sidérale de Mercure de 24 h. 1 m. Une observation assidue des taches de la planète, pendant plusieurs jours consécutifs et à des intervalles quelconques dans une même journée, a permis à M. Schiaparelli d'établir que ces taches conservent des positions presque identiques. Elles ne se déplacent que très lentement et le mouvement de rotation de la planète est égal au temps d'une révolution sidérale, soit 88 jours. Mercure se comporte par rapport au soleil comme la lune par rapport à la terre et certains satellites de Jupiter et de Saturne par rapport à la planète autour de laquelle ils circulent.

La rotation est uniforme; c'est la conclusion à laquelle arrive M. Schiaparelli par une discussion très serrée des positions de certaines taches dans un grand nombre de ses

dessins. Or l'orbite de Mercure est fortement excentrique, le mouvement de translation s'effectue avec une vitesse variable, il en résulte une libration en longitude plus forte que pour la lune. Dans le cours d'une révolution, les $^5/_8$ de la planète sont éclairés par le soleil, et $^3/_8$ seulement sont constamment privés de ses rayons.

L'axe de rotation est à peu de chose près perpendiculaire au plan de l'orbite. M. Schiaparelli ne donne pas la valeur exacte de l'inclinaison de l'équateur de la planète sur l'orbite, mais cette inclinaison doit, d'après lui, être inférieure à 10°. Schrœter avait attribué à cette inclinaison une valeur beaucoup plus forte.

Les taches de Mercure ont l'apparence de stries légères de couleur rouge brun se distinguant mal du fond rose clair de la planète. Elles sont stables, quant à leur forme et à leur position, mais leur intensité est variable. Elles disparaissent vers les bords de la planète et quelquefois aussi semblent voilées vers le centre du disque. M. Schiaparelli a aussi observé des taches blanches, principalement sur les bords; il les attribue à des condensations dans l'atmosphère de Mercure qu'il suppose être d'une densité notable et d'une transparence imparfaite. Il a aussi observé des taches assez brillantes dans le voisinage du pôle boréal de la planète. Il en résulte le phénomène déjà remarqué par Schrœter que, dans le croissant de Mercure, la corne boréale est sensiblement plus brillante que la corne australe. Ce n'est cependant pas toujours le cas et M. Schiaparelli n'a jamais observé que la corne australe fût tronquée, comme le croyait Schrœter.

Comme la planète Mercure s'éloigne peu du soleil, il est préférable de l'observer de jour, quand le soleil est sur l'horizon. Elle est plus difficile à voir en été; en hiver, les conditions sont meilleures et l'observation possible à toutes les heures de la journée. On peut suivre la planète durant toute sa révolution synodique, sauf pendant un mois vers la conjonction inférieure et pendant quelques jours vers la conjonction supérieure. M. Schiaparelli a pu réunir 150 dessins de la planète dans un nombre égal de jours d'observation. Ces dessins, exécutés dans des conditions atmosphériques variables, n'ont pas tous la même valeur et, chose curieuse, le

savant directeur de l'observatoire de Milan cite, parmi les meilleurs, des dessins faits lorsque la planète, très proche de sa conjonction supérieure n'était qu'à 3° du soleil et ne présentait qu'un diamètre de 4″ à 5″. R. G.

CHIMIE

Ira Moore. Produits de condensation des carbodiamides aromatiques avec les orthodiamines. (*Berichte*, XXII, p. 1635, Zurich.)

L'auteur a préparé la diphénylamidométhylène-o-phénylènediamine, produit de condensation d'une molécule d'o-phénylènediamine avec une molécule de carbodiphénylimide, elle a probablement pour formule

$$\begin{array}{ccccc} & & NH & & NHC_6H_5 \\ & / & \backslash & / & \\ C_6H_4 & & & C & \\ & \backslash & / & \backslash & \\ & & NH & & NHC_6H_5 \end{array}$$

aiguilles fusibles vers 159°-160°, dont différents sels ont été préparés.

La condensation à molécules égales de l'o-phénylènediamine avec la carbodi-p-tolylimide fournit la di-p-tolylamidométhylène-o-phénylènediamine

$$\begin{array}{ccccc} & & NH & & NHC_6H_4CH_3 \\ & / & \backslash & / & \\ C_6H_4 & & & C & \\ & \backslash & / & \backslash & \\ & & NH & & NHC_6H_4CH_3 \end{array}$$

M. Nathansohn et P. Müller. Dérivés et réactions de la tétraméthyldiamidobenzophénone. (*Berichte*, XXII, 1875, Zurich.)

Ces chimistes ont préparé un grand nombre de dérivés de la tétraméthyldiamidobenzophénone qu'ils décrivent; ils ont reconnu que le bleu Victoria B. s'obtient par l'action de ce

corps sur l'α phénylnaphtylamine et a probablement pour constitution

$$\begin{matrix} (CH_3)_2 = NC_6H_4 \\ (CH_3)_2 = NC_6H_4 \end{matrix} > C \begin{matrix} / C_{10}H_6-NHC_6H_5 \\ \backslash \; | \quad \backslash \; Cl \end{matrix}$$

ou

$$[(CH_3)_2NC_6H_4]_2 > C \begin{matrix} / C_6H_4-NHC_{10}H_7 \\ \backslash \; | \quad \backslash \; Cl \end{matrix}$$

dont la base colorante $C_{33}H_{33}N_3O$ est rouge-brique fusible à 95°; ils en ont préparé plusieurs sels. Le bleu Victoria IV R a pour formule $C_{34}H_{34}N_3Cl$ et s'obtient par l'action de la méthylphényl-α-naphtylamine sur la tétraméthyldiamidobenzophénone; sa base colorante $C_{34}H_{34}N_3O$ est aussi rouge-brique, et fond à 77°. Ils ont recherché quelle était la constitution de ces matières colorantes sans y être arrivés complètement; l'acide chlorhydrique à 230°-250° donne avec le bleu B. de la diméthylaniline, du chlorméthyle, des résines et la cétone $C_{23}H_{18}N_2O$ qui a probablement comme constitution

$$CO \begin{matrix} / C_{10}H_6NHC_6H_5 \\ \backslash C_6H_4NH_2 \end{matrix}$$

cette cétone est stable. Le bleu IV R distillé avec la chaux sodée ou avec le zinc en poudre donne de la diméthylaniline et de la phényl-α-naphtylamine.

E. SCHULZE. SUCRE DE CANNE DANS LES GERMES DE PLANTES ÉTIOLÉES. (*Berichte d. d. bot. Ges.* 7, p. 280, Zurich.)

L'auteur a réussi, au moyen de l'hydrate de strontiane, à isoler du sucre de canne, des germes étiolés du *lupinus luteus;* ce sucre se forme pendant la germination, car les graines n'en renferment pas, de même pour l'amidon qui se trouve aussi dans les germes; au fur et à mesure que le sucre, l'amidon, le glucose, etc., se forment, disparaissent aussi dans les graines les substances non azotées.

R. Nietzki et Friedrich Schmidt. Dioxyquinone et dérivés[1]. (*Berichte,* XXII, 1653, Bâle.)

La dioxyquinone est préparée maintenant par l'action réductrice du chlorure d'étain sur la diazobenzolrésorcine symétrique, puis on ajoute de l'alcool et de l'acide sulfurique, on purifie en préparant le sel de soude ou de potasse.

La dianilidoquinone $C_6H_2O_2(NHC_6H_5)_2$ obtenue en dissolvant la quinone dans l'aniline est identique avec le produit de la quinone sur l'aniline; la diamydohydroquinone $C_6H_2(OH)_2(NH_2)_2$ par la dioxyme et $S_nCl_2 + HCl$; celle-ci nitrée donne la nitrodiimidohydroquinone qui, réduite fournit la triamidohydroquinone: si au contraire on la traite par la potasse diluée on obtient la nitrodioxyquinone, identique avec celle obtenue par la nitrodiimidorésorcine; elle forme des aiguilles jaune d'or; réduite par $S_nCl_2 + HCl$, on obtient le chlorhydrate de l'amidotétraoxybenzol dont les auteurs ont préparé le dérivé pentacétylé $C_6H(NHCH_2H_3O)(OC_2H_3O)_4$, aiguilles fusibles à 242°.

A. Hantzsch. Transformation de dérivés du pentaméthylène en dérivés du benzol, de la pyridine et du thiophène. (*Berichte*, XXII, 2827, Zurich.)

Les transformations que Hantzsch a observées ne sont que partielles. Les dérivés du pentaméthylène se forment par l'action du chlore en solution alcaline sur le phénol. L'acide qui se forme $C_6H_5Cl_3O_4$ ou

```
           COOH
            |
           COH
          /    \
       CH2      CH2
         \       |
          COH = C — Cl
```

[1] *Archives,* XXI, 68.

brômé, fournit le bromtrichlortricétohexaméthylène qui est de nouveau un dérivé du benzol et celui-ci traité par le carbonate de soude perd 2 mol. d'acide chlorhydrique et on obtient l'acide chlorbromeanisique

$$\begin{array}{ccc} & CO-CO & \\ / & & \backslash \\ CCl_2 & & CHBr \\ \backslash & & / \\ & CO-CHCl & \end{array} + OH_2 = 2\,HCl + \begin{array}{ccc} & CO-CO & \\ / & & \backslash \\ CHCl & & CHBr \\ \backslash & & / \\ & CO-CO & \end{array}$$

Si on traite par l'acétate d'ammoniaque l'orthodicétone pentaméthylène $C_5H_5ClO_2$, ce corps perd 2 mol. d'eau et se transforme en un dérivé de la pyridine

$$\begin{array}{ccc} & N & \\ CH & & CH \\ CCl & & CH \\ & CH & \end{array}$$

Ce même corps traité par l'hydrogène sulfuré perd de l'eau et de l'acide chlorhydrique et se transforme en thiophène aldéhyde C_4H_3SCHO

$$\begin{array}{ccc} & CH_2 & \\ CH_2 & & CHCl \\ | & & | \\ CO & — & CO \end{array} + H_2S = \begin{array}{ccc} CH & - & CH \\ | & & | \\ CH & & C-CHO \\ & \backslash\ S\ / & \end{array} + HCl + H_2O$$

Il se forme probablement intermédiairement l'aldéhyde d'un thioacide

$$\begin{array}{ccc} CH_2 & - & CH_2 \\ | & & | \\ CO & & CH-CHO \\ & \backslash\ S\ / & \end{array}$$

qui se transforme intramoléculairement.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

Séance du 18 décembre 1889.

F.-A. Forel. Couleur des lacs. Études sur les mirages. — Guinand. Sur l'incision annulaire des ceps de vigne. — Forel. Recommandations en vue de l'étude systématique de la flore du rivage du Léman.

M. F.-A. Forel a étudié en septembre 1889 la couleur et la transparence des eaux des grands lacs de l'Insubrie et du lac des Quatre-Cantons. Il les caractérise en donnant la profondeur limite de visibilité et le numéro de la gamme, dont le 0 est le bleu pur et le 100 le jaune pur.

	Limite de visibilité.	Couleur, n° de la gamme.
Verbano	6 m.	20-27
Lario	6	20-27
Ceresio............	3	35
Quatre-Cantons.....	4,5	14-20
Léman	7	9

Le vert remarquablement vif du lac de Lugano (Ceresio) est dû à la présence de myriades de flocons d'une algue pélagique qui altère la transparence et la rend de moitié plus faible que celle des lacs voisins, Lario et Verbano.

On attribue généralement une différence de teinte aux

deux extrémités du lac Majeur (Verbano), qui serait bleu au sud et vert au nord. Le 4 septembre, la couleur glauque était la même sur toute l'étendue du lac.

M. Forel indique un procédé pratique d'apprécier, sans instruments, l'intensité des mirages qui accompagnent les réfractions d'eau chaude (mirages d'hiver des lacs). Il cherche le rapport entre la hauteur *h'* de la tangente réfractée d'un point de distance connue à la surface de l'eau et la hauteur *h* de la tangente non réfractée de ce même point.

Pour la hauteur *h'*, il choisit un point saillant d'une côte peu éloignée, et il cherche, en élevant son œil au-dessus du lac, la hauteur à laquelle ce point arrive à l'horizon apparent. C'est la limite entre les hauteurs inférieures où l'œil voit encore le mirage et les hauteurs supérieures où l'objet considéré est dominé par la ligne de l'horizon. Un calcul très simple donne la hauteur *h*, à laquelle la même tangente aurait passé, en l'absence de toute réfraction.

Voici quelques observations qui expriment ainsi l'intensité des mirages :

	Date.	Point visé.	Distance.	Température de l'air.	Température de l'eau.
I	14 déc.	Pointe du Boiron ...	1600 m.	+1,5°	+5,6°
II	16 —	» ...	»	+2,0	+5,4
III	— —	Pointe de la Venoge.	2100	»	»
IV	17 —	»	»	0,0	5,2
V	— —	Pointe du Boiron...	1600	»	»

Dans ces conditions, les hauteurs *h* et *h'* de la tangente et le rapport $\frac{h'}{h}$ sont les suivants :

	h.	*h'.*	$\frac{h'}{h.}$
I	0,20 m.	2,5 m.	*12,5*
II	0,20	1,9	*9,5*
III	0,35	2,3	*6,5*
IV	0,35	3,0	*8,6*
V	0,20	2,4	*12,0*

M. Forel signale la rapidité étonnante avec laquelle l'air

prend la stratification thermique qui cause les mirages d'hiver. Le 2 décembre, par une bise d'intensité moyenne, marchant à raison de 6 à 8 mètres par seconde, il a vu des mirages apparaître sur la pointe de la Venoge, vue du fond du golfe de Morges (entre les Roseaux et la Tuilerie de Préverenges), alors que l'air chassé par le vent du nord, de la terre ferme sur le lac, avait parcouru sur l'eau un chemin mesurant au plus 140 mètres, 100 mètres et même 40 mètres. Avec la vitesse de la bise, la durée du séjour de l'air sur le lac n'avait été que de 8 à 20 secondes. La terre ferme était couverte de neige, et l'air, dont la température était —1,3°, ne pouvait avoir originairement de stratification thermique ; c'est seulement au contact avec l'eau chaude du lac qu'il a pu acquérir la stratification d'ordre inverse qui causait les mirages. C'est en quelques secondes que s'est accompli le phénomène.

M. Guinand rend compte de l'expérience qu'il a faite de l'*incision annulaire de la vigne.*

Ce procédé, fort ancien, puisqu'il a été déjà recommandé par Pline, est employé de nouveau. On pouvait voir à l'Exposition de Paris des photographies et des rapports à son sujet.

Voici en quoi il consiste : au moment de la floraison de la vigne, on pratique au rameau portant les fruits une incision qui lui enlève l'écorce, tout le tour, sur une longueur de 2 à 3 millimètres.

Il semblerait, à première vue, que cette opération lui serait fort nuisible et ferait dépérir la partie de la branche audessus de l'incision. Il n'en est rien, au contraire, cette partie progresse et prospère davantage, les raisins, abondamment nourris, ne coulent pas, ils grossissent rapidement, mûrissent plus vite et sont plus sucrés. Ils acquièrent environ 30 °/₀ de plus de sucre.

Voici l'explication que M. Guinand donne de ce phénomène :

La sève, puisée dans le sol par les racines, monte par capillarité à l'intérieur du bois, jusque dans les feuilles. Celles-ci

remplissent pour les plantes un rôle analogue à celui des poumons pour les animaux, quoique le phénomène produit soit chimiquement très différent. La sève se perfectionne dans les feuilles au contact de l'air et y prend ses qualités nutritives, puis elle redescend par l'écorce, ou entre l'écorce et le bois, et produit l'accroissement de toute la plante, même des racines. Si, dans cette descente, on l'arrête au passage par une incision de l'écorce, elle s'accumule dans la partie supérieure à celle-ci, qu'elle développe vigoureusement. Par contre, la partie inférieure à l'incision cesse de s'accroître jusqu'à ce que la plaie soit cicatrisée et se soit recouverte de nouveau d'écorce. Ce phénomène est très visible, et c'est curieux de voir un sarment beaucoup plus gros en haut qu'en bas.

L'incision annulaire est applicable surtout avec le système de culture à taille longue, dans lequel on laisse une partie plus ou moins longue du sarment de l'année précédente, pour y développer plusieurs boutons à fruits. On peut faire l'incision sur le bois de l'année précédente dès qu'il est bien en sève. On choisit alors le moment le plus favorable correspondant à l'époque la plus critique de la vigne, celle de la floraison. On a le temps nécessaire devant soi. En outre, dans ce système de culture, on ménage pour l'année suivante un sarment ne portant pas de raisins, qu'on n'incise pas. Celui-ci laissera passer sa sève pour la nutrition de la plante et ses boutons se développeront normalement pour produire des fruits l'année suivante.

Dans la méthode à taille courte usitée chez nous, on est obligé de faire l'incision sur les jeunes sarments; or, à la fleur, leur bois et leur écorce sont à peine formés, on est obligé d'attendre davantage, et le moment le plus important est déjà passé. En outre, il ne conviendrait pas d'inciser tous les sarments. Il faudrait ménager ceux qui serviront à la taille de l'année suivante, afin de ne pas faire souffrir leurs boutons par manque de sève. Cela ralentit encore l'ouvrage de faire ce choix.

L'incision que M. Guinand a fait pratiquer vers le milieu de juillet, sur les sarments de l'année, a néanmoins eu un résultat considérable sur la grosseur et la précocité des rai-

sins et aurait son application surtout pour la production de raisins de table, soit de primeurs.

M. Forel recommande aux botanistes l'étude systématique de la flore du rivage du Léman.

Le *rivage* est la bande de terrain émergé, qui est lavé par les eaux du lac. Il se divise en deux zones :

La *grève émergée,* la plus élevée, n'est atteinte que par les vagues des tempêtes; elle échappe à l'inondation des hautes eaux; le sol est formé de sable et de cailloux; l'eau n'y arrive que par capillarité, de bas en haut, par les vagues et par l'air. Sa flore est une flore des sables dans le voisinage des eaux.

La *grève inondable* est envahie par les hautes eaux; elle est à sec par les basses eaux. Sa flore est capable de résister successivement à la sécheresse prolongée et à l'inondation prolongée dans le lac.

Séance du 8 janvier 1890.

F.-A. Forel. Origine des lacs. — Jean Dufour. Analyse de l'ouvrage de M. Victor Fayod.

M. F.-A. Forel commence une étude *sur l'origine du lac Léman.* Il admet quatre types généraux de lacs.

1° *Lacs orographiques*, lacs de vallées synclinales, anticlinales, isoclinales, lacs d'affaissement ou d'effondrement.

2° *Lacs d'érosion,* dus à l'érosion des vents. L'auteur n'accepte pas l'érosion fluviale, ni l'érosion glaciaire comme capables de creuser un bassin de lac sans l'intervention d'un barrage.

3° *Lacs de barrage simple.*

4° *Lacs mixtes,* dus au barrage d'une vallée orographique ou d'une vallée d'érosion.

Parmi les causes de barrage, M. Forel s'attache surtout à l'action de l'alluvion torrentielle versée sur le cours d'une vallée principale, ou à l'alluvion d'un fleuve barrant une val-

lée latérale. Il trouve ces cas représentés dans la plupart des grands lacs de la région subalpine (Randsee, Rütimeyer), où un torrent se jette à courte distance au-dessous de l'origine de l'émissaire : Lac de Wallenstadt (Linth), lac de Zurich (Zihl), lac des Quatre-Cantons (Emme), lac de Brienz (Lütschine), lac de Thoune (Kander), lac Léman (Arve), lac d'Annecy (Fier) et dans ceux où l'alluvion d'un fleuve semble avoir barré directement ou indirectement des vallées latérales : Lac du Bourget (Rhône), lac de Bienne (Aar), et peut-être encore, avec des modifications locales, les lacs de l'Insubrie, barrés en partie par les alluvions du Pô. Un tel barrage ne suffit pas à lui seul à expliquer la formation des bassins profonds de tous les lacs en question; mais il a probablement décidé, dans plusieurs cas, l'arrêt des lacs au point où l'émissaire s'en échappe actuellement.

Cette étude sera continuée dans une autre séance.

M. Jean Dufour parle d'un travail publié récemment par un de nos compatriotes, M. *Victor Fayod,* de Bex, actuellement à Nervi (près de Gênes). C'est le *Prodrome d'une Monographie de la famille des Agaricinées,* ou champignons à lamelles. Cette publication, couronnée par l'Académie des sciences, a essentiellement un caractère synthétique et philogénétique. L'auteur ne cherche pas à créer un grand nombre de nouvelles espèces, mais au contraire à en réduire le nombre et à déterminer les affinités naturelles des différents groupes et genres qui constituent la famille des Agaricinées. La classification nouvelle est basée sur des recherches anatomiques et non pas seulement sur l'étude des formes extérieures des champignons.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1890

Le 2, très forte gelée blanche le matin.

3, très forte gelée blanche le matin.

4, gelée blanche le matin ; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.

5, brouillard pendant tout le jour.

6, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; forte bise depuis 10 h. du soir.

7, forte bise jusqu'à 10 h. du matin ; brouillard jusqu'à 7 h. du matin ; légère neige de 1 h. 30 à 4 h. du soir.

8, assez forte bise à 7 h. du soir.

9, forte bise à 7 h. du soir ; lumière zodiacale.

10, très forte gelée blanche le matin ; brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin.

12, neige dans la nuit et dans la journée ; hauteur 13cm6.

13, neige dans la nuit et dans la journée ; hauteur : 10cm6.

14, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.

15, brouillard enveloppant jusqu'à 8 h. du matin, puis neige et pluie.

18, brouillard pendant tout le jour.

19 et 20, brouillard pendant tout le jour.

21, brouillard enveloppant jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.

22, brouillard enveloppant jusqu'à 1 h. du soir.

23, brouillard pendant tout le jour.

24, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.

25, brouillard jusqu'à 7 h. du soir ; forte bise de 1 h. à 7 h. du soir.

27, forte gelée blanche le matin ; forte bise depuis 10 h. du matin.

28, très forte bise depuis 10 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 8 h. matin	733,43	Le 6 à 6 h. matin	725,47
8 à 11 h. matin	731,77	9 à 5 h. matin	727,99
10 à 9 h. matin	732.91	12 à 2 h. soir	722,35
14 à 11 h. matin	729,27	15 à 2 h. soir	724,17
19 à 10 h. matin	734,00	20 à 5 h. soir	728,34
24 à 11 h. matin	734,67	25 à 10 h. soir	723,68
26 à 4 h. matin	725,90	28 à 3 h. soir	723,18

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	731,30	+ 3,85	729,13	732,22	— 2,74	— 3,19	— 5,0	— 1,0	699	—146	570	770	. . .	. . .	NE. 1	0,38	4,7	—0,1	145,8
2	731,91	+ 4,50	731,01	733.17	— 4,08	— 4,59	— 9,2	+ 1,2	776	— 67	650	920	. . .	. . .	calme	0,02	. . .	. . . . .	144,0
3	732,13	+ 4,77	730,40	733,43	— 2,67	— 3,25	— 7,7	+ 0,9	754	— 88	610	850	. . .	. . .	NNE. 1	0,33	5,0	+0,2	143,2
4	728,12	+ 0,81	726,80	730,35	— 4,10	— 4,75	— 7,0	— 1,5	781	— 59	710	880	. . .	. . .	variable	1,00	4,6	—0,2	142,0
5	726,35	— 0,91	725,60	727,36	— 2,28	— 3,00	— 4,9	0,0	803	— 36	740	900	. . .	. . .	calme	1,00	4,6	—0,2	143,5
6	725,99	— 1,22	725,47	727,42	— 2,01	— 2,81	— 3,2	— 0,1	767	— 70	680	830	. . .	. . .	E. 1	0,87	4,6	—0,2	142,5
7	727,99	+ 0,83	726,89	730,25	— 1,44	— 2,31	— 2,9	— 0,2	779	— 56	710	810	0,3	2	NNE. 1	1,00	4,6	—0,2	140,9
8	730,61	+ 3,50	728,64	731,77	— 1,19	— 2,14	— 2,5	0,0	796	— 38	680	900	. . .	. . .	NNE. 1	1,00	4,4	—0,5	140,0
9	729,15	+ 2,10	727,99	731,55	— 0,77	— 1,80	— 2,7	+ 1,8	766	— 66	680	890	. . .	. . .	NNE. 1	0,35	. . .	. . . . .	139,2
10	731,53	+ 4,53	730,36	732,91	— 1,35	— 2,46	— 6,0	+ 2,4	738	— 92	570	900	. . .	. . .	NNE. 1	0,22	4,5	—0,4	137,8
11	728,58	+ 1,64	725,36	730,80	— 2,01	— 3,21	— 4,0	— 0,2	757	— 71	650	850	. . .	. . .	NE. 1	0,95	4,4	—0,5	140,5
12	723,03	— 3,85	722,35	724,92	— 2,08	— 3,36	— 4,1	+ 0,3	813	— 13	720	880	6,7	14	N. 1	1,00	4,5	—0,4	140,0
13	724,52	— 2,30	722,74	727,77	— 0,97	— 2,34	— 3,2	+ 1,2	858	+ 34	780	890	8,2	19	SW. 0	1,00	4,5	—0,4	139,7
14	728,08	+ 1,32	726,60	729,27	+ 1,47	+ 0,01	— 0,9	+ 3,9	866	+ 44	810	920	. . .	. . .	SW. 0	0,85	4,7	—0,3	139,0
15	724,92	— 1,78	724,17	726,59	+ 0,55	— 1,00	— 1,0	+ 2,1	897	+ 77	810	930	11,8	16	calme	1,00	4,7	—0,3	138,8
16	726,25	— 0,39	725,52	727,09	+ 2,69	+ 1,05	+ 0,8	+ 5,3	814	— 4	730	910	. . .	. . .	N. 0	0,85	. . .	. . . . .	138,6
17	727,44	+ 0,86	726,34	728,89	+ 2,49	+ 0,75	— 0,7	+ 5,8	754	— 62	630	830	. . .	. . .	N. 1	0,75	5,3	+0,3	134,5
18	731,28	+ 4,76	729,01	733,16	— 0,26	— 2,09	— 3,2	+ 1,3	820	+ 6	740	860	. . .	. . .	E. 1	1 00	5,5	+0,5	134,0
19	733,10	+ 6,64	731,98	734,00	+ 0,27	— 1,66	— 0,5	+ 1,1	785	— 27	740	840	. . .	. . .	NNE. 1	1,00	5,1	0,0	136,4
20	729,69	+ 3,30	728,34	731,88	— 0,11	— 2,14	— 1,5	+ 1,9	801	— 9	700	850	. . .	. . .	NE. 1	1,00	5 0	—0,1	136,0
21	729,28	+ 2,95	728,68	729,86	— 0,99	— 3,12	— 3,3	+ 2,3	845	+ 38	780	900	. . .	. . .	variable	0,92	4,9	—0,2	135,0
22	730,70	+ 4,43	729,84	731,81	+ 0,31	— 1,92	— 1,8	+ 3,8	824	+ 19	590	900	. . .	. . .	calme	0,85	4.8	—0,4	134,2
23	732,85	+ 6,65	731 93	733,71	+ 0,07	— 2,26	— 2,7	+ 1,3	809	+ 6	730	880	. . .	. . .	NNE. 1	1,00	. . .	. . . . .	135,0
24	733,63	+ 7,49	732,42	734,67	+ 0,47	— 1,97	— 0,5	+ 2,0	752	— 48	670	810	. . .	. . .	NNE. 1	1,00	4,5	—0,7	132,1
25	726,93	+ 0,85	723,68	732,01	— 0,41	— 2,95	— 1,8	+ 0,7	754	— 44	650	890	. . .	. . .	NNE. 2	0 98	4,5	—0,8	132,7
26	725,00	— 1,01	724.20	725,90	+ 0,08	— 2,57	— 3,7	+ 3,8	696	—100	500	830	. . .	. . .	E. 1	0.38	4.0	—1,3	136,0
27	724,33	— 1,62	723,42	725,03	— 0,07	— 2,83	— 5,7	+ 3,0	666	—127	550	900	. . .	. . .	NNE. 2	0.63	4.0	—1,3	135,5
28	724,12	— 1,77	723,18	724,60	— 2,53	— 5,40	— 5,1	— 0,2	624	—167	570	740	. . .	. . .	NNE. 2	0,57	3,8	—1,6	134,5
Mois	728,53	+ 1,69			— 0,84	— 2,44			778	— 41						0,78	4,63	—0,33	138,26

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,66	729,54	729,71	729,93	729,33	728,92	729,37	729,60
2e »	727,90	727,54	727,79	727,98	727,59	727,28	727,57	727,86
3e »	728,73	728,65	728,67	728,70	728,12	727,68	728,10	728,18
Mois	728,76	728,57	728,73	728,88	728,36	727,98	728,36	728,58
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 2,91	— 3,89	— 4,05	— 2,31	— 0,82	— 0,14	— 1,64	— 2,36
2e »	— 0,59	— 0,65	— 0,82	+ 0,43	+ 1,47	+ 1,45	+ 0,46	— 0,10
3e »	— 1,25	— 1,56	— 1,12	— 0,24	+ 0,94	+ 1,34	0,00	— 1,18
Mois	— 1,61	— 2,07	— 2,06	— 0,74	+ 0,50	+ 0,86	— 0,42	— 1,22
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	804	836	851	761	705	698	726	746
2e »	848	859	861	796	752	772	804	840
3e »	805	826	785	728	655	676	754	741
Mois	820	841	836	764	707	718	762	778

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	— 5,11	+ 0,35	+ 4,62	0,62	0,3	141,89
2e »	— 1,83	+ 2,27	+ 4,86	0,94	26,7	137,75
3e »	— 3,08	+ 2,09	+ 4,36	0,79	—	134,37
Mois	— 3,36	+ 1,53	+ 4,63	0,78	27,0	138,26

Dans ce mois l'air a été calme 31,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 20,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 29°,9, E. et son intensité est égale à 62,3 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1890.

Le 1er, fort vent à 10 h. du matin.

7, fort vent depuis 1 h. du soir; légère neige l'après-midi.

8, brouillard depuis 10 h. du soir.

9, brouillard par un fort vent jusqu'à 7 h. du matin.

11, brouillard depuis 1 h. du soir.

12, légère neige à 7 h. du matin; fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

13, fort vent jusqu'à 7 h. du matin; légère neige à 10 h. du matin.

14, fort vent depuis 10 h. du soir.

15, légère neige à 1 h. et à 4 h. du soir; brouillard par un fort vent depuis 7 h. du soir.

16, fort vent à 7 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.

23, fort vent depuis 10 h. du soir.

25, fort vent depuis 10 h. du matin; légère neige à 1 h. et à 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.

26, fort vent jusqu'à 10 h. du matin.

27, brouillard à 4 h. du soir.

28, forte bise pendant tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 1 h. matin	564,45	Le 6 à 7 h. matin	557,92
10 à midi	563,96	12 à 8 h. matin	555,54
14 à 11 h. matin	561,90	15 à 4 h. soir	559,34
19 à 2 h. matin	567,80	21 à 2 h. soir	563,00
24 à 10 h. matin	565,63	25 à 4 h. soir	557,14
26 à 10 h. matin	561,20	28 à 4 h. soir	551,35

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1890.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	561,71	+ 1,26	559,95	563,40	—14,31	— 5,24	—17,0	— 9,0	.....	.....	....	SW. 1	0,02
2	563,40	+ 2,98	562,95	564,08	— 9,31	— 0,25	—14,9	— 4,2	.....	.....	....	variable	0,00
3	563,78	+ 3,40	563,08	564,45	— 9,41	— 0,36	—12,2	— 5,0	.....	.....	....	SW. 1	0,00
4	560,89	+ 0,55	559,60	562,90	—10,59	— 1,55	—12,5	— 6,7	.....	.....	....	SW. 1	0,02
5	558,75	— 1,55	558,35	559,60	— 9,56	— 0,53	—12,7	— 6,3	.....	.....	....	SW. 1	0,00
6	558,39	— 1,88	557,92	559,02	— 8,07	+ 0,95	—10,6	— 4,8	.....	.....	....	SW. 1	0,13
7	560,08	— 0,15	559,08	562,92	—10,49	— 1,48	—11,9	— 6,2	.....	.....	....	SW. 2	0,78
8	562,11	+ 1,91	560,57	563,62	— 9,94	— 0,95	—13,3	— 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0,28
9	561,62	+ 1,45	560,20	563,65	—12,67	— 3,70	—15,4	— 6,8	.....	.....	....	variable	0,18
10	563,53	+ 3,39	562,92	563,96	— 7,66	+ 1,29	—11,0	— 2,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
11	560,19	+ 0,09	557,52	562,80	—10,56	— 1,63	—15,0	— 4,6	.....	.....	....	SW. 1	0,67
12	556,27	— 3,80	555,54	557,28	—17,59	— 8,68	—19,8	—14,0	.....	.....	....	SW. 2	0,88
13	557,57	— 2,47	556,18	560,93	—11,71	— 2,83	—19,1	— 5,6	.....	.....	....	SW. 1	0,57
14	561,60	+ 1,59	561,08	561,90	—10,57	— 1,72	—12,5	— 6,5	.....	.....	....	SW. 1	0,00
15	560,01	+ 0,03	559,34	561,20	— 9,87	— 1,05	—11,5	— 6,5	.....	.....	....	SW. 1	0,83
16	560,66	+ 0,71	559,65	562,40	—10,74	— 1,95	—13,0	— 5,0	.....	.....	....	SW. 1	0,42
17	563,25	+ 3,33	562,10	564,98	— 7,72	+ 1,04	—13,0	— 2,5	.....	.....	....	SW. 1	0,20
18	566,19	+ 6,30	564,92	567,54	— 6,82	+ 1,91	— 8,7	— 3,4	.....	.....	....	SW. 1	0,12
19	567,19	+ 7,32	566,72	567,80	— 5,82	+ 2,87	— 8,3	— 1,8	.....	.....	....	SW. 1	0,12
20	564,53	+ 4,68	563,86	566,45	— 4,52	+ 4,13	— 8,4	+ 1,9	.....	.....	....	NE. 1	0,12
21	563,32	+ 3,49	563,00	563,91	— 6,71	+ 1,90	— 9,1	— 3,3	.....	.....	....	SW. 1	0,03
22	563,45	+ 3,64	563,05	564,20	— 8,07	+ 0,50	—11,4	— 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
23	564,50	+ 4,71	563,75	565,35	— 9,01	— 0,48	—10,7	— 5,9	.....	.....	....	SW. 1	0,33
24	565,00	+ 5,23	563,95	565,63	— 8,76	— 0,27	—11,7	— 3,8	.....	.....	....	variable	0,28
25	559,16	— 0,59	557,14	563,80	—12,99	— 4,55	—15,2	—10,0	.....	.....	....	SW. 2	0,73
26	560,17	+ 0,44	558,75	561,20	— 9,57	— 1,18	—15,0	— 6,5	.....	.....	....	SW. 1	0,20
27	556,83	— 2,88	555,12	559,85	—11,46	— 3,12	—14,9	— 8,5	.....	.....	....	NE. 1	0,40
28	552,71	— 6,99	551,35	555,00	—20,24	—11,95	—23,2	—17,6	.....	.....	....	NE. 2	0,52
Mois.	561,32	+ 1,08			—10,17	— 1,56							0,28

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1890.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,58	561,42	561,25	561,39	561,20	561,22	561,60	561,74
2e » ...	562,01	561,61	561,51	561,69	561,56	561,64	561,80	562,14
3e » ...	561,62	561,03	560,64	560,73	560,29	560,15	560,35	560,33
Mois	561,75	561,38	561,17	561,31	561,07	561,06	561,31	561,48

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	−11,71	− 9,20	− 7,87	− 8,13	−10,50	−10,85
2e » ...	−10,32	− 7,97	− 7,03	− 8,08	−10,31	−10,91
3e » ...	−11,35	− 9,64	− 7,87	− 9,23	−11,75	−12,32
Mois	−11,11	− 8,88	− 7,57	− 8,42	−10,79	−11,29

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	0	0		mm	mm
1re décade...	−13,15	− 5,85	0,14	—	—
2e » ...	−12,93	− 4,80	0,39	—	—
3e » ...	−13,90	− 7,49	0,31	—	—
Mois	−13,29	− 5,94	0,28	—	—

Dans ce mois, l'air a été calme 0,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,41 à 1.00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 49,4 sur 100.

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1889

PAR

MM. Ernest FAVRE & Hans SCHARDT.

(Suite.)

Roches et minéraux.

Les études de M. de Fellenberg [1] ont démontré que le granit de Gasteren est un vrai granit massif qui se distingue nettement des granits gneissiques ou protogines du centre du massif de l'Aar. Ce granit est divisé en bancs avec fissures transversales qui le partagent en parallélipipèdes ; il forme une zone assez étendue qui commence d'abord dans la partie supérieure de la vallée de Gasteren, entre le pied du Doldenhorn et le Lötschenpass, et qui se prolonge à l'Est en dessous des terrains sédimentaires (Verrucano) du Lötschengrat. Les caractères minéralogiques sont partout les mêmes, mais il y a deux variétés de même structure et de couleur différente ; l'une, de teinte verdâtre, contient du feldspath orthose blanc et du plagioclase gris verdâtre ; la seconde, qui est rose, ne s'en distingue que par le plagioclase coloré par l'oxyde de fer.

M. de Fellenberg s'est encore occupé de la détermination exacte d'une roche souvent citée sous le nom d'eurite, de felsite, etc., qui se trouve en filons dans l'inté-

[1] E. de Fellenberg, Granit et porphyre de Gasteren. *C. R. Soc. helv. sc. nat. Lugano.* 1889. *Archives sc. phys. et nat.*, 1889, XXII, p. 472.

rieur du granit de Gasteren, ou qui le recouvre en forme de nappe. Cette roche prend souvent la texture d'une vraie granulite ou d'un granit à gros grain ; elle passe aussi à un porphyre absolument massif à pâte homogène et avec cristaux de mica. L'examen microscopique permet de qualifier certaines variétés comme de *vrais porphyres*, d'autres sont plutôt des *granophyres*. L'un et l'autre affectent la même disposition par rapport au granit.

Une étude d'une série de roches provenant pour la plupart de la vallée de Saas, a été publiée par M. Marshall Hall[1]. Il en décrit 24 échantillons étudiés au microscope. Ce sont des saussurites et smaragdites (1-3, 11, 16, 23), schiste glaucophanique (4), gabbro (5, 17, 18), smaragdite (6, 10), serpentine (12), roche semblable à de l'avanturine (15), euphotide (24).

D'après l'étude de M. C. Rammelsberg[2], le minéral du Piz Longhin (vallée de Bregaglia), décrit par M. E. de Fellenberg et déterminé avec doute, par lui, sous le nom de jadéite, ne serait autre chose que de la vésuviane, soit de l'idocrase (voir *Revue géol.*, 1888, 218). La proportion de l'acide silicique (40 °/₀) prouve *à priori* que ce minéral n'est pas une jadéite; une analyse plus détaillée la rapporte à l'idocrase. Poids spécifique 3,323; il donne dans la flamme du chalumeau un verre transparent; il perd par calcination un peu plus de 2 °/₀ et devient jaunâtre et opaque.

M. A.-B. Meyer[3] a aussi publié une analyse de ce

[1] Marshall Hall, On rocks from the Saas-thal and Geneva. *Proceedings of Geologists' Assoc.*, 1889. XI, 4, 1—9.

[2] C. Rammelsberg. Ueber Vesuvian vom Piz Longhin. *N. Jahrb. f. Min. und Geol.*, 1889, I, 3, p. 229—230.

[3] A.-B. Meyer, Der sog. Jadeit vom Piz Longhin; *N. Jahrb. f. Mineral. und Geol.*, 1889. I, 3, p. 270.

minéral et conclut, comme M. Rammelsberg, qu'il n'est pas une jadéite, mais bien une idocrase compacte. Poids spécifique 3,33. Nous donnons plus loin les diverses analyses de ce minéral.

Une note plus complète sur la prétendue jadéite du Piz Longhin est due à M. KILLIAS[1] qui expose d'abord l'origine de la découverte, les recherches de M. de Fellenberg et ses doutes sur la vraie nature de ce minéral; il rappelle qu'en 1887, A. Damour à Paris avait déjà exprimé la pensée que ce minéral était plutôt de la vésuviane. M. Killias en avait également trouvé deux échantillons parmi des pierres collectionnées par un aiguiseur de Schuls. Frappé de leur aspect, il les communiqua à M. Gümbel qui en fixa la densité à 3,33; dureté 6,5. Les coupes minces démontrèrent la double réfraction, et la présence d'impuretés, quartz et poussières de magnétite. Il déclara que le minéral était de l'idocrase (vésuviane), ce qui concorde avec une analyse faite par le Dr F. BERWERTH[2] (voir plus loin). D'après l'examen microscopique, la roche, très compacte, a par places une texture finement cristalline, due à un mélange intime de l'idocrase avec un pyroxène de la série des diopsides. Les nuances varient entre le vert très vif et une teinte vert grisâtre suivant la prédominance de ces deux minéraux. Tous ces caractères montrent qu'on a affaire à une véritable idocrase et nullement à de la jadéite ou de la néphrite. Les diverses analyses sont du reste si concordantes, qu'il n'y a pas de doute possible; nous les donnons ici en regard les unes des autres :

[1] Killias, Der Vesuvian vom Piz Longhin. *Jahresbericht der Naturf. Gesellsch. Graubündens*, 1887-88, p. 64-75.

[2] *Annalen der k.k. Naturk. Museums Vienne*, II, 3, 1887.

	Gümbel.	Rammelsberg.	A.-B. Meyer.	Berwerth.	A. Schupp[1].
Acide silicique....	39,82	39	38,36	40,98	41,34
Alumine..........	16,93	16,40	21,65	14,07	7,53
Oxyde de fer......	1,31	3,03	2,08	2,07	5,28
Protoxyde de fer..	1,09	3,03	—	3 ?	
Oxyde de calcium..	36,34	34,83	33,76	33,83	43,17
Magnésie.........	2,97	4,80	2,43	4,67	2,04
Potasse...........	—	—	—	0,12	—
Soude............	—	—	—	0,72	—
Eau.............	2,01	2,18	1,25	2,34	0,64
	100,47	100,24	99,53	98,80	100,00

M. A. Leuze[2] a étudié les diverses variétés du spath calcaire des schistes grisons (Bündner Schiefer), particulièrement ceux de Churwalden, au point de vue de leurs formes cristallines et du groupement des cristaux.

Le même auteur[3] a décrit les minéraux et les pseudomorphoses découverts au Rosenegg (Höhgau). La région du Höhgau est connue d'ancienne date pour les gisements de minéraux contenus dans des géodes des roches volcaniques qui constituent les cônes de volcans éteints. (Voir Revue pour 1886 et 1887.) Ce sont les tufs phonolithiques qui en ont fourni les plus remarquables.

Le Rosenegg (altitude 550 m.) est la plus méridionale des collines volcaniques du Höhgau. Le tuf est de couleur grise ou verdâtre, à pâte assez homogène, et recouvre des dépôts miocènes; il est d'âge miocène récent. L'auteur pense que la formation de ces tufs doit

[1] Laboratoire de chimie de Coire.

[2] Leuze, Kalkspäthe aus den Bündner Schiefer insbesondere von Churwalden. *Ber. XXI Versamml. d. Oberrhein. geol. Ver.*, 1886, 6 p.

[3] Alfred Leuze, Mineralien und Pseudomorphosen des Roseneggs. Inaugural Dissertation. *Jahresb. des Vereins f. vaterl. Naturkunde in Wurtemberg*, 1889.

avoir eu lieu pendant le dépôt de la mollasse, et que celle-ci aurait été traversée par l'éruption de masses venant de la profondeur, qui auraient entraîné des débris de sédiments miocènes.

Les minéraux décrits proviennent de deux gisements situés, l'un au S.-E., l'autre au sud. M. Leuze fait une étude détaillée des minéraux de ce gisement, des pseudomorphoses et périmorphoses qu'il a observés, et de l'origine de ces modifications.

Les minéraux primitifs des pseudomorphoses lui paraissent provenir de la profondeur, soit des sédiments miocènes, soit de niveaux plus anciens, d'où ils auraient été arrachés pendant l'éruption pour être ensuite remplacés par des substances nouvelles.

Les minéraux que l'on rencontre dans les géodes du grès bigarré de Waldshut (Bade) font l'objet d'une étude de M. Græff[1]. Ce sont : de la calcédoine cornaline; du quartz, dont les cristaux offrent plusieurs particularités; il est rarement incolore, mais ordinairement opaque, laiteux, rarement couleur chair ou améthyste; la calcite, très fréquente; ses cristaux varient d'une grandeur presque microscopique à celle de plusieurs centimètres; elle est ordinairement laiteuse ou jaunâtre, et couverte d'un enduit d'ankérite; de la barytine, avec plusieurs variétés de cristaux; de la fluorite; de la dolomie cristallisée; de la galène et de la pyrite (marcasite et chalcopyrite).

Contrairement à l'opinion émise récemment par un certain nombre de géologues qui contestent l'origine souterraine du terrain sidérolithique, en l'attribuant à la

[1] F.-F. Græff. Die Mineralien der Drusenräume in dem Buntsandstein von Waldshut. *Zeitschr. für Krystallographie, etc., Leipzig*, XV, 4, 1889, 12 p.

lévigation des roches calcaires par les eaux météoriques, M. de Grossouvre[1] démontre, par l'étude qu'il a faite des dépôts de minerais de fer du centre de la France, que les minerais pisiformes, les argiles, les argilites (bolus), les sables, etc., qui constituent le terrain sidérolithique, sont le produit de sources minérales et thermales. Il résume ses arguments comme suit :

1. La *structure du minerai* en grains à couches concentriques ne peut être expliquée que par une précipitation chimique au milieu d'eaux agitées.
2. Le *métamorphisme de contact* des dépôts sidérolithiques est souvent très manifeste et indique l'action d'eaux thermales.
3. La présence du *silicate de protoxyde de fer* et celle de la *silice hydratée* et de la *silice soluble* est incompatible avec la lévigation par les eaux atmosphériques.
4. L'importance des amas de fer sidérolithique devrait être proportionnelle au volume de calcaire disparu pendant la lévigation. Il n'en est pas ainsi; les dépôts sidérolithiques existent aussi bien aux endroits où les calcaires jurassiques et crétacés n'ont pas subi d'ablation que dans les régions où une érosion en a diminué l'étendue.
5. Dans certains gisements, il existe, à la base du dépôt, des amas de *carbonate de protoxyde de fer*, minéral qui ne peut se former que dans des sources carbonatées.
6. Les argiles, imprégnées de silice, du sidérolithique et les sables, en partie du moins, sont assez analogues aux dépôts qui se forment dans les vasques de beaucoup de sources minérales; ce sont des matériaux que les eaux ont enlevés aux roches traversées.

L'auteur attribue une origine analogue aux arkoses sidérolithiques, dont la présence n'a pas encore été constatée en Suisse; leurs grains de quartz, leur tourmaline et les traces de rutile, contenus dans une pâte argileuse,

[1] A. de Grossouvre, Observations sur l'origine du terrain sidérolithique. *Bull. Soc. géol. de France*, 1888, xvj, 287-298.

proviendraient du passage d'une boue argileuse à travers un terrain probablement granulitique. Les dépôts triasiques et permiens sont riches en roches de couleur rouge, rappelant le sidérolithique. L'auteur a recherché dans quelle mesure cette analogie de structure autorise à croire à une analogie d'origine et conclut, d'après bon nombre d'indices, que des phénomènes analogues aux éjections sidérolithiques se sont produits aux époques indiquées.

GÉOLOGIE TECHNIQUE. Après avoir rappelé les superstitions qui, depuis des siècles, ont dirigé les populations dans la recherche des métaux précieux, M. C. WALKMEISTER[1] donne une description historique des travaux miniers et métallurgiques entrepris dans les Alpes glaronnaises et grisonnes. Ces entreprises n'ont laissé que peu de traces, les usines et les hauts-fourneaux ont disparu, et l'on n'en trouve plus que les ruines; on peut attribuer en partie à leur existence la destruction des forêts dans ces vallées. L'auteur a visité une à une ces anciennes usines et ces exploitations dont il raconte les origines et la décadence finale.

M. DUPARC[2] a fait, en collaboration avec M. RADIAN, l'étude d'un certain nombre de schistes ardoisiers provenant des exploitations d'Outre-Rhône, de Salvan, de Sembrancher, d'Iserable et de Servoz. Les trois premiers gisements appartiennent au carbonifère :

Outre-Rhône. Le schiste est grisâtre, homogène, riche en élé-

[1] Chr. Walkmeister, Aus der Geschichte des Bergbaues aus den Kantonen Glarus und Graubünden. *Bericht der naturw. Gesellsch. St. Gallen*, 1887-88. 268-317.

[2] Duparc et J. Radian, Composition de quelques schistes ardoisiers. *C. R. Soc. helv. sc. nat.* Lugano, 1889. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889. XXII, 279 et 462. *Id.*, 1890, XXIII, 166-177.

ments clastiques, peu fusible, exempt de carbonates, avec peu de pyrite. 61 % de SiO_2 ; densité 2,75.

Salvan. I. Grenu, rude au toucher, dur, couleur claire (peu de carbone), infusible; 60-69 % de SiO_2 ; densité 2,8-2,9.

II. Grain fin, doux au toucher, couleur noire, fusible. Analogue au schiste d'Outre-Rhône. 60,7 % SiO_2.

Sembrancher. Couleur foncée, tout à fait semblable au schiste d'Outre-Rhône. 59 % SiO_2 ; densité 2,77.

Iserable. Couleur plus noire que Sembrancher, éclat soyeux, grain homogène. 60 % SiO_2 ; densité 2,8.

Servoz. Couleur noire très foncée, schistosité parfaite, pâte fine, homogène, toucher graphitique. 50 % SiO_2 ; densité 2,75.

Tous ces schistes sont exempts de carbonates comme la plupart de ceux de l'époque carbonifère; ce n'est pas le cas des schistes d'âge plus récent, comme le montrent les deux analyses suivantes que nous extrayons d'un tableau que donne M. Duparc :

Schiste liasique de *Morzine* (Savoie). 35 % SiO_2, 39 % $Ca\,CO_3$.
Schiste ardoisier d'*Elm*. Éocène. 44,5 % SiO_2, 23,8 % $Ca\,CO_3$.

Il est frappant que la proportion d'argile (silicates) soit la même que celle des schistes sans carbonates.

Une publication sur le même sujet est due à M. le prof. H. BRUNNER[1] ; elle traite plus spécialement de l'examen des ardoises au point de vue de leur qualité et valeur technique. Vingt échantillons de provenance suisse et étrangère ont été examinés; quatorze séries d'essais sur les propriétés physiques et chimiques des ardoises, ont été faites par M. H. Schardt au laboratoire de l'Académie de Lausanne. Il résulte de cette étude que la qualité des ardoises dépend de la proportion

[1] Prof. H. Brunner, Ueber die Werthbestimmungen der Dachschiefer. *Schweiz. Wochensch. f. Pharmacie*, 1889. N° 10.

du carbonate de chaux, du carbonate de magnésie et de la pyrite qu'elles renferment. La résistance aux agents atmosphériques dépend soit de la porosité, indiquée par la rapidité de la pénétration de l'eau, soit de la proportion du carbonate de chaux que l'acide carbonique et l'eau ne tardent pas à attaquer. En faisant agir de l'acide sulfureux gazeux en présence d'eau, on obtient, par la décomposition plus ou moins rapide des échantillons, une indication assez exacte de leur degré de résistance aux agents atmosphériques. La rapidité de la décomposition opérée par l'acide sulfureux est ordinairement proportionnelle à la quantité du carbonate de chaux. Les meilleures ardoises sont celles du cambrien de Fumay (Ardennes) et d'Angers, reconnaissables à leur teinte violacée ou rose et tachées de vert, à leur dureté et à l'absence presque totale de $Ca\ CO_3$; leur résistance à l'action de SO_2 est presque indéfinie. Il en est de même des ardoises gris foncé du carbonifère de Salvan, d'Outre-Rhône, etc., qui sont cependant plus tendres et doivent être débitées en plaques plus épaisses. Les ardoises carbonifères de Sembrancher et de Sion sont médiocres, leur teneur en carbonate de chaux varie de 2-5 °/₀ ; un échantillon qui en a 16 °/₀ doit être qualifié de mauvais. Sont encore mauvaises la plupart des ardoises liasiques et jurassiques qui contiennent jusqu'à 25 °/₀ de $Ca\ CO_3$. Quant aux ardoises éocènes, leur décomposition au contact de l'acide sulfureux est complète au bout d'un à deux jours ; elles contiennent 20-25 °/₀ de $Ca\ CO_3$. La présence de la pyrite est peu favorable, mais moins nuisible que celle de la chaux.

M. Duparc[1] a fait une série d'analyses des calcaires

[1] *C. R. Soc. phys. et hist. nat. Genève. Archives*, 1889, XXI, 558.

portlandiens du Jura bernois, il en a déterminé la proportion de carbonate de chaux, de magnésie et de matière argileuse, ainsi que la densité. Celle-ci varie entre 2,65-2,78.

Géologie dynamique, dislocations, érosion, etc.

Diaclases. — MM. Duparc et Le Royer[1] ont fait des expériences sur la formation des diaclases produites par torsion. C'est à M. Daubrée que revient le mérite d'avoir démontré, par des expériences semblables, l'origine de la régularité des cassures terrestres, leur parallélisme et leur entre-croisement suivant deux systèmes conjugués, d'où naissent les réseaux de fractures. L'appareil qui a servi à ces nouvelles recherches ne diffère de celui de M. Daubrée que par sa disposition entre les deux poupées d'un tour, permettant de maintenir immobile l'axe de torsion. Une série d'expériences sur des plaques de verre de formes et d'épaisseur diverses, à surface lisse, cannelée ou sculptée et sur des plaques en terre cuite ont conduit ces savants aux conclusions suivantes :

1. Les systèmes conjugués de cassures, constatés par M. Daubrée, sont un fait constant. Dans le verre, les fissures principales s'entrecoupant à 80-90°, sont accompagnées de cassures en éventail ou disposées en barbe de plume sur les systèmes principaux.
2. La forme des plaques, ainsi que le mode de torsion, ne semblent pas modifier le résultat final.
3. L'épaisseur des plaques augmente le nombre des fissures, mais diminue la régularité. La cassure en éventail et les petites fêlures augmentent avec l'épaisseur.

[1] Duparc et Le Royer, Contributions à l'étude expérimentale des diaclases produites par torsion. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889, XXI, 404. 1889, XXII, 297-313, 1 pl.

4. La nature du milieu n'influence pas le caractère du phénomène; le nombre des fissures semble augmenter avec l'élasticité.

5. Les surfaces en relief ne modifient en aucune façon ni l'orientation ni la direction des fissures.

Soulèvement des Alpes. — L'étude de M. Schmidt[1] résume l'histoire de l'origine des Alpes. Il y décrit la physionomie de cette grande chaîne aux diverses époques et la différence entre les deux versants.

La première émersion des Alpes est, ou contemporaine du carbonifère, ou postérieure à ce terrain et attestée par les roches détritiques du verrucano et du permien déposées dans les cuvettes entre les massifs cristallins. Une dislocation considérable a dénivelé les roches carbonifères et a produit un effet métamorphisant sur celles-ci et les roches sous-jacentes. Le trias et les terrains mésozoïques plus récents se sont déposés sur des sédiments déjà dénivelés; de là leur discordance très visible. Les terres émergées à cette époque et même plus tard, pendant les périodes jurassique et crétacée, devaient avoir l'aspect de plateaux sans accidents saillants.

La grande dislocation des Alpes a commencé à la fin de l'époque éocène et s'est continuée pendant la période miocène. A ce moment le bord nord des Alpes était couvert de plus de 1000 mètres de sédiments éocènes. Le maximum de l'intensité de la dislocation a précédé la fin de la période miocène et a donné à la chaîne sa configuration définitive, son individualité, en créant en même temps le Jura comme rameau secondaire. La région sud fut soulevée, et, en dehors du Jura et des Alpes, la région environnante subit au contraire un affaissement général;

[1] Zur Geologie der schweizer Alpen... *loc. cit.*

les massifs anciens, le plateau central de France, les Vosges, la Forêt-Noire, entourés de terrains sédimentaires récents, persistent seuls et déterminent par leur présence la courbure dans la direction de la chaîne.

En récapitulant l'histoire si compliquée de la chaîne alpine, M. Schmidt a pris dans d'autres régions des exemples qui peuvent nous donner l'aspect de l'état de cette chaîne dans les diverses phases de sa dislocation.

La Bretagne actuelle offre, par la superposition des terrains jurassiques à des terrains plissés de l'époque carbonifère, une image assez fidèle de ce qu'était le bord nord des Alpes de l'époque carbonifère jusqu'à celle du lias.

La Forêt-Noire, avec les Vosges et le Plateau central de France sont restés stationnaires dès la fin de l'époque mésozoïque et n'ont subi dès lors que l'influence de la dénudation. Partout où la couverture mésozoïque n'a pas été enlevée, nous nous trouvons en présence d'un état analogue à celui qu'offraient les Alpes septentrionales de la Suisse avant leur dernier plissement.

Le plissement des Pyrénées, qui font partie du système alpin, a eu lieu en même temps que celui des Alpes, mais il se termina plus tôt ; les derniers terrains entraînés dans le mouvement sont d'âge éocène ; le miocène est resté horizontal sur le bord de la chaîne. Les Pyrénées offrent donc l'état des Alpes suisses avant la dislocation des dépôts miocènes.

LAMBEAUX DE RECOUVREMENT. — M. Marcel BERTRAND [1]

[1] Marcel Bertrand, Plis couchés de la région de Draguignan. *Bull. Soc. géol. France*, 1889, XVII, 234-246, 8 fig.

a fait, aux environs de Draguignan, sur les bords du bassin crétacé de Salernes, de nouvelles recherches sur les plis couchés provençaux. Sur une largeur de 3 kilomètres au moins et sur une longueur de 30 kilomètres, une bande de jurassique sous la forme d'un pli couché et étiré a été rejetée sur les couches de Rognac (crétacé supérieur). La superposition des couches, normale en apparence, semble presque s'opposer à l'admission d'un pareil déplacement. La succession des couches est régulière et lors même que les terrains qui bordent le bassin ne sont pas partout les mêmes, il n'y a pas eu de discordances ou de transgressions entre le crétacé et le jurassique; ce sont des mouvements postérieurs au dépôt crétacé qui ont disloqué le sol et produit les contacts extraordinaires. L'hypothèse de failles doit être écartée pour expliquer le contact et la superposition du jurassique et de l'infralias au crétacé. Des interruptions dans la nappe de recouvrement montrent en dessous de celle-ci le crétacé. On peut même, sur un point, suivre l'extrémité du pli synclinal couché du crétacé qui se termine entre les couches jurassiques sous-jacentes et les terrains de recouvrement. Tandis que les couches de la base sont repliées plusieurs fois, ces derniers, y compris l'infralias, se superposent horizontalement avec une faible bande de crétacé à leur base.

Mais cela n'est pas le cas partout. Des dérangements sans importance, il est vrai, troublent par places la régularité de cette nappe de recouvrement; ce sont des contournements en forme de C qui apparaissent au milieu du lambeau horizontal. Sur d'autres points, on croit voir, dans les couches ainsi recourbées, l'extrémité du pli couché. On peut constater là la différence d'épaisseur

des couches dans la branche supérieure et des couches amincies du lambeau horizontal; cette différence est l'effet de l'écrasement, de la lamination des couches par le mouvement de chevauchement.

M. Bertrand compare ce pli au double pli glaronnais; il constate qu'on ne peut affirmer avec certitude, dans aucun de ces cas, si le pli est double ou simple, c'est-à-dire si les lambeaux bordant le nord du bassin ne sont pas aussi venus du sud et appartiennent au même pli couché. Il conclut que le glissement s'est fait ordinairement sur la surface de couches restées à peu près horizontales, mais il a pu aussi se faire sur la tranche de couches déjà plissées. La série de recouvrement est ordinairement horizontale, sauf là où il y a eu un tassement postérieur. Elle peut cependant présenter des froissements et des plissements secondaires qui, comme au Glärnisch, produisent des superpositions multiples des couches les unes sur les autres. A la base de la masse de recouvrement, les couches s'amincissent et disparaissent progressivement à mesure qu'on s'éloigne du noyau vertical du pli couché, mais elles semblent reparaître symétriquement à l'autre extrémité. L'examen de ces disparitions de couches n'indique pas dans quel sens s'est fait le mouvement de glissement.

Les petites Pyrénées de l'Aude, nommées aussi Corbières, présentent, sur plusieurs points, d'après les recherches de M. Carez[1], des dispositions analogues aux lambeaux de recouvrement décrits avec tant de précision par M. Bertrand. Ce phénomène n'est donc pas unique-

[1] L. Carez, Sur l'existence de phénomènes de recouvrement dans les Pyrénées de l'Aude. *C. R. Acad. d. Sc.*, Paris, 1889, 3 juin, 4 p.

ment lié aux zones de dislocation alpine. Il s'agit ici de lambeaux d'urgonien ayant glissé par-dessus le sénonien.

M. H. Schardt[1] a présenté à la Société vaudoise des sciences naturelles une série de photographies de la roche salifère de Bex, qu'il considère comme étant une brèche due en partie à la dislocation et à la recristallisation du sel et de l'anhydrite dans l'intérieur des fissures. Il en est de même d'une brèche anhydritique à fragments de calcaire dolomitique. La photographie rend nettement les particularités de certains échantillons (*Revue* pour 1888).

Mouvements du sol. — M. Ph. Plantamour[2] a continué ses observations sur les mouvements périodiques du sol, accusés au moyen du niveau à bulle d'air. Du mois d'octobre 1888 à celui de septembre 1889 (11me année), les observations des mouvements du sol, faites simultanément avec celles de la température, ont démontré l'influence très nette de cette dernière, en ce sens que les dénivellations marchent de pair avec l'insolation du sol; il y a cependant encore un second agent qui contrarie souvent l'action de la température, mais dont il n'a pas encore été possible de préciser l'origine.

Tremblements de terre. — Le 30 mai 1889 (8 heures 36 min. de Paris), on a ressenti à Bâle, un tremblement de terre assez faible. Ce même jour, une secousse a été observée près Cherbourg et aux Iles Normandes.

[1] *Compte rendu Soc. vaud. sc. nat.* Séance du 3, VII, 1889. *Archives* XXII, 587.

[2] Ph. Plantamour, Des mouvements périodiques du sol. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889, XXII, 431-437, 1 pl.

M. Hagenbach-Bischoff[1] a calculé d'après la différence avec Dol près Saint-Malo (8 heures 30 minutes), où la secousse se fit également sentir, que la vitesse de translation de la trépidation a été de 1900 m. par seconde.

M. Gümbel[2] a décrit les caractères d'un tremblement de terre observé le 22 février 1889 dans les environs de Neuburg sur le Danube (Bavière). Ce travail a quelque intérêt pour la Suisse et mérite d'être mentionné. C'est peu avant 3 heures de l'après-midi que ce mouvement du sol a eu lieu.

Neuburg est situé tout près du bord du Jura franconien, au point où les bancs jurassiques sont brisés par suite d'un grand affaissement qui s'est produit le long d'une surface de faille. Quelques lambeaux seulement de terrain jurassique s'avancent sur la rive sud du Danube. C'est sur un d'eux qu'est bâtie en partie la ville.

Le tremblement de terre observé avait le caractère d'un coup subit et très violent, comme une détonation, suivi d'un roulement plus ou moins prolongé. L'aire d'ébranlement ne paraît pas avoir eu plus de 50 kilomètres de rayon ; en considération de ces faits et de la situation géologique de Neuburg au centre de l'aire du mouvement séismique, M. Gümbel conclut à un effondrement souterrain du plafond ou de la paroi d'une grande caverne, creusée dans les couches profondes du terrain jurassique.

[1] E. Hagenbach-Bischoff, Erdbeben des 30. Mai 1889. *Verh. d. Naturf. Gesellsch. Basel*, 1889, VIII, 853.

[2] Dr C.-W. Gümbel, Das Erdbeben von 22. Febr. 1889 in der Umgegend von Neuburg. *Sitzung der math. phys. Classe*, 2 mars 1889, 30 p., 8°.

L'auteur fait suivre sa notice d'une liste de tous les tremblements de terre observés en Bavière depuis l'année 786 jusqu'à nos jours et sur lesquels on possède des renseignements plus ou moins précis.

Érosions. — M. Chatelain[1] a exploré la grotte de Reclère, récemment découverte. Un puits vertical de près de dix mètres conduit dans la grotte proprement dite, qui a une grande étendue; de magnifiques stalactites relient par places les voûtes au plancher de la grotte, qui est parcourue par un cours d'eau donnant lieu à un petit lac.

Les recherches de M. Martel[2] sur les cavernes dans les Causses (Cévennes) ont un intérêt général pour l'étude de la circulation des eaux souterraines et de l'origine des sources vauclusiennes, dont notre Jura est si riche. L'étude des souterrains des Causses a prouvé à M. Martel que toutes les cavernes sont creusées sur le parcours de diaclases, qui sont les causes directrices de ces érosions.

Origine du lac Léman et des grands lacs alpins. — M. F.-A. Forel[3] a recherché les origines de la cuvette du lac Léman et arrive à la conclusion que cette profonde entaille doit être attribuée exclusivement à l'érosion, de même que la vallée du Rhône en amont de la cluse de Saint-Maurice, où se termine le bassin proprement dit du lac. Reste la difficulté d'expliquer la grande profondeur de cette cuvette, dont le fond est à 63 m. au-dessus de la mer; et, comme l'épaisseur du dépôt d'alluvion est

[1] Voir *Nature*, 1889.
[2] Martel, Les eaux souterraines des Causses, *Bull. Soc. géol. France*, 1889, xvjj, 610-621, 1 pl.
[3] *C. R. Soc. phys. et hist. de Genève. Archives*, XVIII, 1890, 184.

de 100 m. au moins, cette profondeur doit être de 40 m. environ au-dessous du niveau de la mer. Les lacs sur le versant italien des Alpes présentent le même phénomène. M. Forel attribue avec vraisemblance cette circonstance à un affaissement considérable de la chaîne des Alpes après le creusement de la dépression du lac. C'est par suite de cet affaissement que les lacs des bords de la chaîne ont pénétré sous forme de fiords dans l'intérieur des vallées d'érosion. Les dépôts morainiques, les alluvions torrentielles des cours d'eau affluents du grand lac, du Rhône surtout, ont peu à peu modifié l'aspect du lac primitif, qui devait s'étendre, selon M. Forel, jusqu'à Sierre, en Valais. Nous relevons les points suivants des diverses phases qu'admet l'auteur dans la formation du lac Léman : La première phase est caractérisée par un exhaussement graduel des Alpes et le creusement de la vallée primitive du Rhône; le creusement continue pendant la fin de l'époque miocène jusqu'à l'époque glaciaire, les Alpes se surélèvent bien au-dessus de leur niveau actuel. Cette période de surélévation est suivie, dès la fin de l'époque glaciaire, d'un affaissement considérable qui a abaissé le fond du lac au-dessous du niveau de la mer, et du comblement partiel du bassin supérieur par les cônes de déjection des torrents valaisans et du Rhône, coïncidant avec le barrage du lac par les dépôts de l'Arve, près de Genève.

A propos du volume du lac Léman, M. Forel[1] a calculé qu'il faudrait quinze ans aux eaux du Rhône pour le remplir. Le comblement par les alluvions, qui consis-

[1] La capacité du lac Léman, *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, XXIV, 1888, 1.

tent surtout en limon fin suspendu dans l'eau du Rhône, durerait 450,000 ans au minimum. Le volume de ce limon atteint deux millions de mètres cubes annuellement, soit une couche de 1 centimètre par année.

A l'occasion d'une étude sur la faune et la flore des lacs alpins, MM. ASPER et HEUSCHER[1] ont exécuté une série de travaux hydrométriques sur les petits lacs de montagne. Leur publication renferme des cartes, avec indication de la profondeur assez exacte pour la construction des profils de ces lacs. Sont décrits dans ce travail : les lacs du Haut-Toggenburg et le Voralpsee. Une étude antérieure a pour sujet les lacs d'Appenzell.

II. Terrains.

Terrains primaires.

TERRAINS CRISTALLINS. — Nous devons à M. le prof. LORY[2] une étude sur la constitution des massifs de schistes cristallins.

Les Alpes occidentales n'ayant subi que peu de bouleversements considérables et offrant des coupes naturelles très étendues, M. Lory y a trouvé des données suffisantes pour établir une classification normale de ce groupe du terrain primitif. Il a reconnu quatre zones alpines entre le Mont-Blanc et le Mont-Rose. Celle du Mont-Rose est de

[1] Dr Asper et J. Heuscher, Zur Naturgeschichte der Alpenseen. *Bericht d. Naturw. Gesellsch. St-Gallen,* 1887-1888, p. 246-267, 5 pl.

[2] Ch. Lory, Étude sur la constitution et la structure des massifs de schistes cristallins des Alpes occidentales. Grenoble, 1889, 23 p., 1 pl., 8°.

beaucoup la plus large; les schistes cristallins y sont à découvert sur la plus grande partie du versant italien, et leur stratification est souvent presque horizontale; ils sont recouverts en concordance par le trias. M. Lory distingue dans les schistes cristallins de ce massif :

I. Le groupe supérieur des schistes séricitiques, amphiboliques et chloritiques.

II. Micaschistes avec calcaires cipolins, dolomies grenues, calcaires saccharoïdes.

Les micaschistes en se chargeant de feldspath et passent à des gneiss. A mesure qu'on descend dans la série, le feldspath orthose augmente et les gneiss passent avec une texture de moins en moins feuilletée, au gneiss granitoïde qui ne présente plus qu'une stratification en grand. La séparation entre ces deux groupes n'est cependant pas très nette, le gneiss d'Arolla par exemple appartient au groupe supérieur.

Comme la zone du Mont-Rose ne renferme pas de terrain carbonifère, on doit supposer que pendant toute la durée des temps paléozoïques, ces terrains ont été à découvert dans leur position horizontale. Les trois étages du trias sont ensuite venus se déposer au-dessus; ils ont une texture remarquablement cristalline, ce que M. Lory attribue aux conditions dans lesquels ils se sont formés.

Les schistes cristallins anciens ont dû prendre leur structure à une époque bien antérieure à la dislocation des Alpes. L'état cristallin est trop uniforme pour pouvoir être attribué à des actions mécaniques. C'est une cristallisation générale et originelle du terrain primitif. A la limite N.-O. de la zone du Mont-Rose, on observe parfois le contact entre les schistes cristallins et le carbonifère; sur plusieurs points les conglomérats de cette épo-

que renferment des galets de schistes cristallins identiques dans leur composition aux roches en place qui affleurent dans le voisinage, ce qui prouve que leur structure cristalline est antérieure à la période carbonifère.

M. Lory est arrivé à la conclusion que la structure feuilletée ou cristalline des roches des divers terrains est pour chacun d'eux un fait antérieur au dépôt de celui qui le recouvre et absolument indépendant des grandes actions mécaniques qui ont façonné les montagnes. Cette conclusion diffère de celle de beaucoup de géologues qui voient dans la structure schisteuse et cristalline le produit d'un métamorphisme dynamique. L'auteur appuie son opinion sur le fait que les minéraux des roches cristallines, feldspath, mica quartz, tourmaline, etc., se développent tout aussi bien dans les roches sédimentaires de tout âge qui n'ont subi aucune dislocation. Les galets triasiques, remaniés dans des dépôts plus récents, renferment des cristaux d'albite que la roche en place renfermait déjà. Les schistes cristallins se sont déposés dans des océans à eaux plus salines et plus chaudes que les mers actuelles dans lesquels l'existence des êtres organisés n'était pas encore possible.

La première zone de schistes cristallins ou zone du Mont-Blanc, comprend en Suisse les massifs des Alpes bernoises et du Saint-Gothard, en Savoie, ceux des Aiguilles-Rouges et du Mont-Blanc, la chaîne de Belledonne, de Mégève, etc., divers massifs de l'Isère et du Dauphiné et plus au sud celui du Mont-Pelvoux et celui des Alpes Maritimes.

Dans tous ces massifs les schistes cristallins sont toujours très redressés, la structure de voûte régulière fait défaut. La zone du Mont-Blanc est la partie la plus an-

cienne du système orogénique des Alpes. M. Lory constate que les dépôts de grès anthracifères correspondent à de petits bassins isolés; on peut reconnaître des dislocations antérieures au dépôt du carbonifère. Ailleurs il paraît y avoir parfaite concordance entre les terrains cristallins et le carbonifère. La structure des galets de schistes cristallins contenus dans les poudingues de Valorsin est identique à celle de la roche en place; elle est donc antérieure à la formation houillère et à la première grande dislocation, qui a eu lieu entre le carbonifère et le trias. La différence énorme dans le niveau des lambeaux triasiques horizontaux reposant sur les schistes cristallins verticaux, prouve, selon M. Lory, que ceux-ci ne pouvant se plisser davantage, après le dépôt du trias au-dessus de leur tranche redressée, ont été faillés et ont subi ainsi ces grandes dénivellations. Une partie de ces dépôts horizontaux a été conservée au sommet des massifs restés en place; d'autres parties se sont moulées, en se plissant, autour des inégalités de leur nouvelle base disloquée. Des glissements le long des surfaces de rejet verticales ou fortement inclinées ont provoqué ces plissements multiples, dont les terrains anciens qui forment la base n'offrent pas de trace.

M. Lory constate que malgré les nombreux plissements qu'ont subi les terrains sédimentaires dans lesquels on trouve les fossiles étirés et déformés, ces terrains n'ont pas pris une structure cristalline.

En étudiant le parcours des failles ou axes d'affaissement des Alpes, on constate que ces dénivellations se sont produites suivant les axes des plis anticlinaux, qui étaient des points de faible résistance. Cette manière de voir est attestée par plusieurs profils transversaux qui

montrent les zones d'affaissement parallèles et qui expliquent les dispositions étranges des sédiments relativement aux schistes cristallins anciens. Aucun des massifs cristallins ne représente une voûte régulière ou un pli anticlinal simple et complet.

M. Lory discute en outre le rôle de la protogine, qu'il considère comme appartenant au groupe supérieur des schistes cristallins, les schistes chloriteux; la ténacité plus grande de cette roche explique aussi sa prédominance dans les arêtes élevées. La protogine n'est jamais une roche franchement massive; elle offre des divisions stratiformes très nettes et les intercalations de gneiss chloriteux montrent encore sa liaison avec les roches du groupe supérieur. S'il en est ainsi, conclut M. Lory, la structure en éventail du Mont-Blanc ne serait pas le résultat d'un pli anticlinal écrasé, mais plutôt un pli synclinal très aigu isolé entre deux failles, suivant lesquelles se seraient affaissées et repliées en forme d'U les bandes de lias des vallées de Chamonix et d'Entrèves. La structure du massif du Finsteraarhorn, celle du Mont-Pelvoux s'expliquent de la même manière. Le bord sud de cette zone est marqué par une faille que l'on peut suivre de Valoise à Airolo.

Quant aux deux zones alpines intermédiaires, elles n'ont que peu d'importance; leur faible largeur leur donne un rôle orographique tout à fait secondaire.

Roches cristallines, métamorphisme. — Dans son mémoire sur les Alpes, M. SCHMIDT [1] divise les roches massives ou éruptives en deux groupes, les roches grenues profondes (Tiefengesteine) résultant de la cristalli-

[1] Zur Geologie der Schweizeralpen. *Loc. cit.*

sation lente des masses ignées qui forment les régions profondes de la terre; et les roches d'épanchement à structure porphyroïde, dans lesquelles la pâte, de texture microcristalline, renferme des cristaux plus grands formés avant et pendant l'épanchement. Dans les roches grenues, par exemple le granit, tout le magma consiste en cristaux de grand volume enchevêtrés. Il est facile de reconnaître ces deux types de roches massives en traversant les Alpes; quant aux schistes cristallins, qui réunissent les caractères des roches massives et sédimentaires, une partie semble passer insensiblement à des roches massives typiques, tandis que d'autres paraissent plutôt avoir une origine sédimentaire, attestée parfois par la présence de fossiles. Mais il y a encore bien des terrains, portant les caractères des schistes cristallins, pour lesquels cette distinction n'a pas encore pu être établie, et sur l'origine desquels on reste dans le doute.

Les formations primitives sont, sur presque toute la terre, à l'état de schistes cristallins; si l'on admet que leur structure cristalline est originelle, on peut leur attribuer une origine sédimentaire dans des circonstances spéciales, ou les considérer comme le produit du refroidissement des masses primitivement fondues de la surface du globe. Si l'on suppose au contraire que cette structure n'est pas celle de la roche primitive, on peut l'attribuer à un métamorphisme qui a agi soit sur des sédiments normaux, soit sur des roches primitivement massives. Ce métamorphisme peut être le résultat du contact avec une roche éruptive ou bien de la pression qui a agi pendant la dislocation.

Le métamorphisme de contact n'a pas encore été

constaté nettement dans les Alpes suisses; on peut cependant admettre qu'il a eu son rôle dans la formation des schistes cristallins.

L'existence du métamorphisme dynamique ressort clairement du fait que partout où la pression des montagnes a été la plus énergique, dans les régions de dislocation intense et de fort plissement, les roches sédimentaires sont devenues cristallines et les roches éruptives schisteuses.

Les Alpes, surtout les Alpes centrales, en présentent de nombreux exemples; l'auteur cite la formation de minéraux cristallisés au milieu de roches sédimentaires, qu'ils ont rendues, par leur abondance, tout à fait cristallines, quoique la présence de fossiles en démontre l'origine. On pense généralement que les granits protogines des Alpes sont plus anciens que les roches sédimentaires qui les entourent. Or, dans les Pyrénées centrales, la situation étant tout à fait analogue, les granits sont plus récents et ont produit un métamorphisme de contact très évident suivi, pendant les diverses périodes de dislocation, d'un métamorphisme dynamique. Le premier date de l'époque paléozoïque récente, et le second de l'époque tertiaire ancienne. La transformation des porphyres des Windgällen en schiste stratifié, enveloppé dans un grand pli couché, démontre aussi l'action du métamorphisme dynamique sur les roches éruptives.

Les vrais granits sont rares dans les Alpes. La dislocation intense de certaines parties de la chaîne permet de supposer que les granits et protogines en bancs et les protogines schisteuses, doivent leur structure à la pression intense qui les a bouleversés; mais cette cause n'est peut-être pas la seule.

L'auteur a choisi, comme exemple de ces transformations, le porphyre des Windgällen, et il décrit les mouvements, dislocations et érosions auxquels cette formation a été soumise depuis son apparition. Ces faits et les modifications profondes de structures subies par ce porphyre expliquent la difficulté qu'il y a à savoir si des roches cristallines des massifs centraux sont des granits éruptifs, des gneiss anciens ou des roches sédimentaires métamorphiques.

Terrains paléozoïques.

TERRAIN CARBONIFÈRE. — M. Alex. PORTIS[1] a signalé de nouveaux gisements de fossiles carbonifères dans le Val di Susa (Alpes occidentales). Il en énumère et décrit les fossiles, comprenant 13 espèces de plantes. Le même auteur a aussi décrit quelques fossiles du trias de la même région.

Dans une note sur la géologie des Alpes subalpines, comprises entre Gap et Digne, M HANG[2] décrit le terrain houiller dans lequel il a trouvé de nombreuses empreintes de *Pecopetris cyathea, arguta,* cf. *polymorpha,* etc., *Annularia stellata, Cordaites,* etc., dans le voisinage de couches d'anthracite exploitées dans la cluse de Barles. On trouve aussi là le muschelkalk, puis le trias supérieur, composé d'argiles bigarrées avec gypse et cargneules, et analogue à celui des Alpes vaudoises.

[1] Dott. Aless. Portis, Nuova localita fossilifere in val di Susa. *Boll. R. Comit. geol. d'Italia*, 1889, X, 141-183.

[2] E. Hang, Sur la géologie des chaînes subalpines entre Gap et Digne. *C. R. Acad. des sciences de Paris*, 1889, 18 mars.

Terrains mésozoïques.

TERRAINS TRIASIQUES. — M. O. WOHRMANN [1] a publié deux mémoires sur le trias alpin. Dans les Alpes du Tyrol septentrional et de la Bavière, le trias se divise en deux niveaux, dont le supérieur correspond au keuper, l'inférieur au muschelkalk. L'auteur démontre par de nombreuses coupes la composition stratigraphique de ces séries et leurs équivalences dans les régions voisines.

Le calcaire de Wetterstein, doit être considéré comme appartenant à la zone du muschelkalk. Il établit pour la zone alpine du Tyrol septentrional et de la Bavière, la série suivante d'assises :

Keupérien.	Hauptdolomit.
	Couches de Raibl.
	Zone marneuse avec couche calcaire à la base.
	Marne et grès.
	Schiste avec *Halobia rugosa.*
Conchylien moyen et supérieur.	Wettersteinkalk avec *Gyroporella.*
	Couches de Partnach.
	Wettersteinkalk inférieur, en partie oolithique, avec *Gyroporella.*
	Calcaire avec Brachiopodes, *Terebratula vulgaris, Spiriferina Mentzeli, Rhynchonella decurtata, etc.*
	Céphalopodes.

Une étude sur la faune de l'étage raiblien de la Lombardie est due à M. PARONA [2]. Ce travail commence par

[1] O. Wohrmann, Ueber die untere Grenze der Keupers in den Alpen. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt*, XXXVIII, 1888, 69.

Id., Die Fauna der sog. Cardita u. Raibler Schichten in den Nordtiroler u. bayrischen Alpen. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt,* 1889, XXXIX, 180 p., 6 pl.

[2] Dott. C. Parona, Studio monographico della Fauna raibliana

une étude bibliographique et historique de ce terrain; il décrit ensuite le rôle orographique et le facies du raiblien dans les diverses chaînes et régions des Préalpes lombardes. Un tableau stratigraphique indique les relations et différences de facies d'une vallée à l'autre. La comparaison du raiblien lombard avec celui des Alpes orientales, conduit l'auteur à la conclusion, déjà exprimée par Stur, que l'ensemble des couches du raiblien lombard est le correspondant de la Lettenkohle.

Une seconde partie comprend une description de 110 espèces fossiles, dont 9 Céphalopodes, 32 Gastéropodes, 64 Pélécypodes, 5 Brachiopodes, 2 Échinodermes et 10 plantes.

M. le professeur GILLIÉRON [1] a donné un compte rendu des travaux de sondage entrepris près de Bâle pour la recherche du sel gemme. Il expose la disposition des couches du trias dans le voisinage de cette ville et conclut qu'un seul point sur le territoire de Bâle-Ville, au S.-E. du village de Bettingen, pourrait être favorable à cette recherche, sans qu'il soit possible d'affirmer positivement le succès. On devait atteindre ici les couches salifères à 100 mètres au maximum. Le profil du trou de sondage qui a exigé 4 mois, montre qu'en dessous du muschelkalk, le groupe de l'anhydrite formé de marnes, d'argile, de dolomie et de gypse en alternance, est privé de sel gemme. A 70 mètres on atteint le Wellenkalk, base du groupe de l'anhydrite. Le travail de M. Gilliéron est

di Lombardia. *Mem. prem. dal. R. instit. Lombardo di Sc. e Lett.*, 1889, 156 p., 30 pl.

[1] V. Gilliéron, Sur un sondage pour la recherche du sel gemme. *Actes Soc. helv. sc. nat.* Lugano, 1889. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889, XXII, 454.

encore complété par des considérations sur le plongement des couches à la limite du Horste au pied duquel s'est formé, par affaissement, la plaine du Rhin.

TERRAINS JURASSIQUES. — M. KOBY[1] vient de terminer son grand travail sur les polypiers jurassiques de la Suisse. Cet ouvrage, commencé il y a 10 ans, renferme la description de 447 espèces, dont plus de la moitié sont nouvelles, ce qui montre combien cette étude était nécessaire. Voici la répartition du nombre des espèces dans les divers étages :

Terrain *rhétien*, 2 espèces.
Sinémurien, 1 esp.
Bajocien, Marnes à *Am. opalinus*, 1 esp.
Couches à *Am. Murchisonæ*, 2 esp.
Calcaires à polypiers, 23 esp.
Bathonien, Grande oolithe, 13 esp.
Couche à Rhynch. varians, 5 esp.
Couches à Mytilus, 27 esp. (toutes nouvelles).
Callovien, 3 esp.
Oxfordien, Oxf. inf. Marnes pyriteuses, 3 esp.
Oxf. sup. Terrain à chailles marno-calcaires, 11 esp.
Rauracien, Terrain à chailles siliceux, 79 esp.
Corallien blanc, 184 esp.
Astartien du Jura soleurois, bernois et vaudois, 69 esp.
Ptérocérien du Jura bernois et soleurois. 13 esp.
Couches de Valfin, 42 esp.
Virgulien, Jura de Porrentruy et Montbéliard, 14 esp.
Niveaux coralligènes divers :
Corallien du Myten, 28 espèces, attestant l'affinité de ce niveau avec le corallien blanc de Caquerelle (20 espèces sont communes à ces deux localités).
Corallien de Wimmis, 15 espèces, presque toutes particulières aux couches de Valfin.
Corallien du Salève, 8 espèces, dont 5 sont fréquentes dans le gisement de Valfin.

[1] F. Koby, Monographie des Polypiers jurassiques de la Suisse, *Mém. Soc. pal. Suisse*, 1880-1889, VII-XVI, 582 p., 130 planches.

M. Koby remarque, en concluant, que peu d'espèces de polypiers passent d'un étage à l'autre et que, pour un même étage, elles se groupent autour de certaines localités, pour constituer des faunules spéciales. Ce résultat est facile à comprendre ; l'existence et le développement des coraux sont liés au milieu qui les entoure, qui a une grande influence sur leur forme, et les modifications de ce milieu entraînent assez rapidement, soit la destruction de l'espèce, soit sa transformation.

L'auteur discute, dans un résumé paléontologique, la valeur et les caractères des genres décrits et la raison d'être de la classification adoptée ; il indique la distribution de ces genres dans les familles.

LIAS. — M. PARONA [1] a publié une étude paléontologique sur le lias inférieur des Préalpes lombardes, renfermant une description de ce terrain, du caractère de la faune et une liste très complète des fossiles.

LIAS ET DOGGER. — Le lias et le dogger dans les chaînes subalpines entre Digne et Gap, présente, d'après M. HANG [2], la série suivante :

Bathonien.	Schistes noirs avec petites Ammonites ferrugineuses. *Am. contrarius, Posidonomya alpina, Am. Parkinsoni.*
	Zone à *Am. neuffensis* et Am. procerus.
Bajocien.	Couches à *Am. Humphresi* et *Am. subfurcatus.*
	Calcaire bleuâtre à *Am. Sauzei.*
	Couches calcaires à *Am. Sowerbyi*, très riche en fossiles.
	Couches à *Am. Murchisonæ,* pauvres en fossiles.

[1] Dott. C.-F. Parona, *Rendiconti del Instit. Lombardo*, 1889, série II, t. XXI, fasc. VIII, 13 p.

[2] Hang, Lias, bathonien et bajocien dans les chaînes subalpines entre Digne et Gap. *C. C. Acad. sc. Paris*, 1er avril 1889.

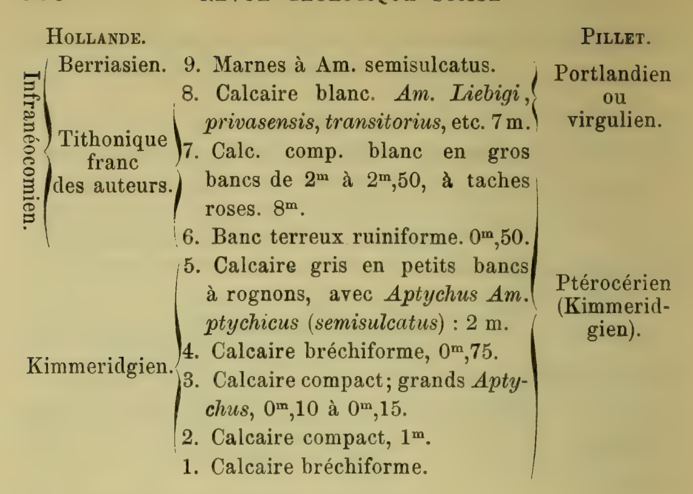
Lias supérieur.	Calcaire à *Am. bifrons* et schistes noirs renfermant dans la partie supérieure la faune à *Am. opalinus.*
Lias moyen.	Calcaire à *Amaltheus spinatus.*
	Marnes micacées et schistes noirs avec quelques espèces de la zone à *Amaltheus margaritatus.*
	Calcaires pauvres en fossiles, contenant beaucoup de *Bélemnites*; vers le haut, *Am. fimbriatus.*
Lias inférieur.	Couches à *Cardinia* et calcaires à *Arietites.*

M. FINKELSTEIN [1] a établi l'existence de la zone à *Am. Opalinus* dans la partie ouest du Tyrol méridional. Il décrit la série des terrains et fait suivre cette étude stratigraphique de la description des Brachiopodes de ce niveau.

MALM. — Le plateau de Montagnole au S.-O. de Chambéry qui a été exploré avec tant de soin par MM. Hollande et PILLET [2], a fourni à ce dernier des matériaux paléontologiques importants de l'étage portlandien. Il est vrai que M. Hollande, à qui nous devons déjà une étude géologique sur cette région, n'admet pas l'existence du portlandien proprement dit, et qu'il réunit sous le nom d'*infra-néocomien* le niveau berriasien et le calcaire tithonique. Or, M. Pillet considère la partie inférieure du tithonique de M. Hollande comme du ptérocérien; la partie supérieure, y compris le Berrias seraient l'équivalent du portlandien, comme l'exprime la coupe suivante, relevée au mamelon dit des peupliers :

[1] Finkelstein, Ueber ein Vorkommen der Opalinus (u. Murchisonæ) Zone im Westlichen Süd-Tirol. *Zeitsch. d. deutsch. Geol. Gesellsch.,* 1889, XLI, 49-78, 1 pl.

[2] L. Pillet, Le Portlandien de Montagnole. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, p. 67-90.



Hollande.			Pillet.
Infranéocomien.	Berriasien.	9. Marnes à Am. semisulcatus.	Portlandien ou virgulien.
	Tithonique franc des auteurs.	8. Calcaire blanc. *Am. Liebigi, privasensis, transitorius*, etc. 7 m.	
		7. Calc. comp. blanc en gros bancs de 2^m à $2^m,50$, à taches roses. 8^m.	Ptérocérien (Kimmeridgien).
		6. Banc terreux ruiniforme. $0^m,50$.	
	Kimmeridgien.	5. Calcaire gris en petits bancs à rognons, avec *Aptychus Am. ptychicus* (*semisulcatus*) : 2 m.	
		4. Calcaire bréchiforme, $0^m,75$.	
		3. Calcaire compact; grands *Aptychus*, $0^m,10$ à $0^m,15$.	
		2. Calcaire compact, 1^m.	
		1. Calcaire bréchiforme.	

M. Pillet a constaté dans le plateau plusieurs gisements portlandiens, se répartissant sur 4 arêtes calcaires qui entrecoupent la région. Il y distingue deux niveaux : Les marnes de Pierre Grosse et le calcaire roux.

Les fossiles recueillis appartiennent à 66 espèces. Il y a plusieurs vertébrés, vertèbres de Saurien et dents de Pycnodus ; 3 espèces d'Annélides (*Serpula planorbiformis*, Goldf., *S. coarcervata*, Bl.); 8 Céphalopodes (*Bel. datensis*, E. Favre, *Am. tortisulcatus*, *Am. serus*, Op., *Am. ulmensis*, etc.). Les Gastéropodes sont représentés par 7 espèces ; *Pleurotomaria Royeri*, de Lor., *Natica hemisphærica*, Rœm., *Natica vacuolaris*, de Lor., etc. Les mollusques lamellibranches l'emportent de beaucoup sur les autres groupes avec 31 espèces : *Pleuromya sinuosa*, Rœm., *Cyprina Brongniarti*, Rœm., *Astarte matronensis*, de Lor., *Arca nobilis*, Centis., *Mytilus subreniformis*, Cern., *Mytilus Morrisii*, *M. Tombecki*, de Lor., *P. suprajurensis*, Bud., *Ostrea Bruntrutana*, Thurm., *Ostr. pulligera*, Goldf, etc.

La *Nerinea trinodosa* et bon nombre d'autres mollus-

ques qui caractérisent le portlandien d'autres localités, manquent dans les gisements de Montagnole; ils manquent également, en partie du moins, dans le portlandien de la Haute-Marne, avec lequel celui de Montagnole a quelques rapports.

Les Brachiopodes (*Ter. subsella*, Leym.), les Échinides, les Crinoïdes et les coraux sont relativement rares et ne fournissent guère d'indication sur l'âge de ces couches.

En résumé, sur les espèces du portlandien de la Haute-Marne, décrites par M. de Loriol, les stations de Montagnole en ont fourni 8 du niveau supérieur; 15 et des plus abondantes du niveau moyen; 9 du niveau inférieur.

Faune jurassique. M. HAAS[1] a publié la première partie d'un mémoire sur les Brachiopodes jurassiques du Jura suisse. La première livraison décrit 23 espèces, dont 19 du genre *Rhynchonella;* il étudie les *Rhynch. inconstans* et *Rh. corallina (Rh. pinguis)* si souvent confondues. Six des espèces décrites sont nouvelles. L'auteur ne se sert que de fossiles recueillis sur place et dont le niveau stratigraphique est rigoureusement déterminé.

On connaît les nombreuses dents de poissons, *Pycnodus, Sphærodus, Gyrodus,* etc., que renferment les terrains jurassiques supérieurs; les mâchoires complètes sont rares, et les autres pièces du squelette encore plus rares. M. JACCARD[2] a publié quelques considérations au sujet des espèces provenant du malm du canton de

[1] Hip. Haas, Kritische Beiträge zur Kenntniss der jurassischen Brachiopodenfauna des schweiz. Juragebirges, etc, *Mém. Soc. pal. suisse*, 1889, XVI, 35 p.

[2] Jaccard, Sur quelques espèces nouvelles de Pycnodontes du Jura neuchâtelois. *Bull. Soc. sc. nat. de Neuchâtel*, 1889.

Neuchâtel. Il s'étonne que les genres *Pycnodus* et *Gyrodus* ne soient connus que par leurs dents et en conclut que le squelette de ces poissons, ainsi que les écailles, doivent avoir eu moins de solidité que celles des *Lepidotus*, que l'on trouve même à l'état de poissons entiers, grâce aux écailles qui se prêtent bien à la fossilisation. M. Jaccard a étudié plusieurs mâchoires et plaques vomériennes de Pycnodontes du Jura d'après une trentaine d'échantillons de sa collection.

M. de Loriol[1] a entrepris en collaboration avec M. Koby, une étude paléontologique et stratigraphique du niveau coralligène inférieur du Jura bernois. La première partie de ce mémoire a paru ; elle renferme le commencement de l'étude paléontologique, soit la description des espèces de mollusques gastéropodes.

Terrains crétacés. *Néocomien.* — La couche à *Ammonites Astieri*, d'Orb., qui forme la base de l'étage hauterivien, a fourni à M. Jaccard une collection remarquable d'ammonites. M. Sayn[2], a fait l'étude des espèces du gisement de Villers-le-Lac, près du Locle ; ce sont : *Holcostephanus Astieri*, d'Orb., *Holc. Carteroni*, d'Orb., *Holc. bidichotomus*, Leym.. *Holc.* cf. *Grotrani*, Neum. et Uhl., *Hoplites Arnoldi*, P. et C., *Hoplites* vois. de *H. neocomiensis*, *Cosmoceras verrucosus*. Ces trois dernières espèces se trouvent aussi dans le néocomien à *Bel. latus* du midi de la France. M. Jaccard dit avoir trouvé aussi le *Bel. latus* à Villers. Cette faune de la zone à *Am. Astieri* a une certaine analogie avec le néocomien alpin.

[1] P. de Loriol, Études sur les mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura bernois. Notices stratigraphiques par F. Koby. *Mém. Soc. pal. suisse*, 1889, XVI, 1re partie, 79 p., 9 pl.

[2] Sayn, Ammonites de la couche à Holcost. Astieri de Villers-

Les terrains crétacés du massif des Beauges (environs de Chambéry) offrent, d'après M. HOLLANDE[1], une série d'assises très complète. Dans le Dauphiné où M. Lory a divisé le néocomien en deux étages, son épaisseur totale atteint plusieurs centaines de mètres; elle diminue vers le nord. Dans la Provence, les Hautes-Alpes, la moitié méridionale du département de la Drôme, etc., l'étage inférieur du néocomien a un facies vaseux à fossiles pélagiques; c'est le type provençal; dans le Jura, la Basse-Savoie et les chaînes comprises entre Chambéry et Voreppe, cet étage a un facies littoral, le facies jurassien; dans la Grande-Chartreuse, les deux facies s'enchevêtrent. M. Hollande distingue dans le néocomien de la région de Chambéry 10 assises, qu'il groupe en 4 étages. L'inférieur, comprenant les couches de Berrias et une assise de passage entre le crétacé et le jurassique, a été nommé par lui infranéocomien, pour ne pas confondre ces couches avec le valangien. Il réunit à l'urgonien, le calcaire à *Orbitolines* et la couche à *Requiena Lonsdelii*, à cause de sa liaison intime avec le calcaire à *Req. ammonia* :

Urgonien.	10. Calcaire à *Requienia Lonsdalii.*
	9. Marno-calcaire ocreux à *Orbitolina conoidea* et *Heteraster oblongus.*
	8. Calcaire à *Requienia ammonia.*
Hauterivien.	7. Calcaires jaunes.
	6. Marno-calcaires à *Toxaster complanatus* et *Ostrea Couloni.*
	5. Marno-calcaires glauconieux à *Am. radiatus.*

le-Lac. *C. R. Soc. helv. sc. nat. Lugano. Arch. sc. phys. et nat.*, oct.-nov. 1889.

[1] Hollande, Dislocation des montagnes calc. etc. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, III, 105-127.

Valangien.	4. Marno-calcaires ocreux à *Pygurus rostratus*. 3. Calcaire à Brachiopodes de Rozeray.
Infra-néocomien.	2. Marno-calcaire renfermant la faune du Berrias. 1. Calcaire blanc ou gris sublithographique à *Am. transitorius* et *Am. Richteri* (Tithonique).

L'assise 1 de l'infra-néocomien devrait, semble-t-il, être rapportée au malm plutôt qu'au crétacé, à cause des affinités jurassiques de sa faune : le berrias seul représente par sa faune un terrain de transition entre le jurassique et le néocomien. Il est formé de marno-calcaires avec couches de calcaire à ciment à la base, et caractérisé par *Am. semisulcatus, neocomiensis, rarefurcatus, binervius,* etc. Dans le haut l'assise passe insensiblement au valangien.

Le calcaire grossier de Rozeray est remarquable par sa faune de Brachiopodes : *Terebratula Carteroni, T. Moutoniana, Rhynch. multiformis,* etc. Le calcaire ocreux avec *Terebr. Carteroni, O. rectangularis, Janira atava, Pygurus rostratus, Am. cryptoceras, Nautilus pseudo-elegans,* etc., constitue un niveau équivalent au valangien supérieur, quoique l'épaisseur de cette assise dépasse 200 mètres.

La couche marno-calcaire glauconnieuse, peu épaisse, mais facile à connaître, peut servir de point de repère pour séparer le valangien du hauterivien. On y trouve *Am. cryptoceras, Am. Leopoldinus, Am. Astieri, Am. radiatus, Apt. Didayi,* etc. Mais la grande masse de l'étage hauterivien est constituée par les marno-calcaires à *Spatangues*, contenant *Ostrea Couloni, Toxaster complanatus, Pholadomya elongata, Panopaea neocomiensis, Trigonia caudata, Dysaster ovulum,* etc.

L'urgonien est représenté par un massif de calcaire compact de 200-300 m. d'épaisseur, dont les fossiles

sont empâtés dans la roche et difficiles à extraire. Ce sont des polypiers, des huîtres de grande taille, *Requienia Ammonia, Rhynchonella lata*, etc., ce dernier fossile souvent très abondant.

La zone à *Orbitolines* est un calcaire de couleur ocre qui forme le sommet de cet horizon et renferme toujours beaucoup de fossiles, *Orbitolina conoidea, Heteraster oblongus, Pygaulus depressus* et *cylindricus, Pterocera pelagi, Janira Morrisi*, etc., fossiles qui caractérisent l'étage *rhodanien*, lequel se relie orographiquement à l'urgonien.

GAULT ET CRÉTACÉ SUPÉRIEUR. — D'après M. HOLLANDE [1] le gault repose dans le massif des Beauges directement sur le calcaire à Orbitolines ; l'aptien manque et ne se montre que plus au N.-E. avec l'*Ostrea aquila* dans les chaînes des Vergys et des Fiz.

Le gault de la zone subalpine a un facies fort différent de celui de la Perte du Rhône. Dans la vallée d'Entremont-le-Vieux, il offre deux assises :

Gault supérieur. Sable grossier, réuni par un ciment argilo-calcaire avec rognons et moules de phosphate de chaux. 1-3^m.

Gault inférieur. Lumachelle de calcaire roux, pétrie de débris fossiles, épaisseur 15-20^m.

Sur la lisière orientale des Beauges, le gault inférieur est un calcaire ou grès plus ou moins noir, glauconieux. Le gault supérieur, de 1^m à 1^m,50 d'épaisseur, est un calcaire siliceux à rognons phosphatés. M. Hollande n'a pas pu séparer paléontologiquement ces deux niveaux ; les fossiles du niveau inférieur se retrouvent tous dans le niveau supérieur qui est bien plus fossilifère. Quant à

[1] Hollande, Dislocation, etc., *loc. cit.*

l'étage immédiatement supérieur au gault, le cénomanien, son existence paraît attestée par certains fossiles, mais on n'en possède que des données fort incertaines.

Le gault a fourni dans la région subalpine de Savoie plus de 40 espèces, dont un certain nombre caractérisent le gault supérieur ou vraconien.

Le fait le plus remarquable de cette région est la présence constante du sénonien, épais d'environ 100 m. C'est une roche assez tendre, qui a été enlevée sur bien des points par la dénudation; les couches en sont minces, de teinte grisâtre. Elle a fourni les fossiles suivants :

Belemnitella mucronata, d'Orb.
Ananchites ovata, Lam.
Micraster Brongniarti, Hel.
Janira quadricostata, d'Orb.
Inoceramus Goldfussi, d'Orb.
» *Cuvieri*, Gold.
» *Cripsi*, Mant.
Ostrea vesicularis,
Ammonites, sp.

Ajoutons que le crétacé supérieur se continue dans les chaînes au N.-E. des Beauges, aux Vergys, à la Pointe-Percée et aux Fiz, où M. Alph. Favre a constaté un grand nombre d'affleurements.

Dans son ensemble, le néocomien des Beauges a une analogie remarquable avec le facies jurassien de ce terrain; sa division en trois étages est très nette; la seule différence est dans l'épaisseur plus grande des assises. Quant au gault et au sénonien des Beauges, ils se relient absolument au facies alpin, tel que l'offrent les Dents-du-Midi, les Fiz, etc.

(*A suivre.*)

NOTE

SUR LA

COMPOSITION DES CALCAIRES PORTLANDIENS

DES ENVIRONS DE SAINT-IMIER

PAR

M. L. DUPARC

Les calcaires dont je donne la composition dans les pages qui suivent appartiennent à l'étage portlandien. Cette étude a été entreprise dans l'idée qu'il y aurait peut-être un certain intérêt à exécuter un travail d'ensemble sur les différents étages du Jura envisagés au point de vue de leur composition chimique. Ce travail de longue haleine ne permet d'arriver à des conclusions qu'en se basant sur des observations multiples, effectuées sur le plus grand nombre de strates possible, pour chaque étage. En effet, abstraction faite des variations qui se produisent dans les différentes régions d'une seule et même couche (souvent au sein d'un même fragment, comme je l'ai maintes fois constaté), chacun sait combien la composition chimique peut différer d'une strate à l'autre. En examinant donc un certain nombre de couches appartenant au même étage, et dont les rapports stratigraphiques

ont été préalablement fixés, et en prenant pour chacune de ces couches le représentant le plus typique et le plus généralement répandu, on arrivera à établir les limites entre lesquelles les variations sont comprises et à se faire une idée générale de l'ensemble de l'étage en question. La principale difficulté pour un travail de ce genre est de se procurer des échantillons récoltés avec soin et dont la provenance est parfaitement certaine. Dans ce but, je me suis adressé à M. le prof. Rollier, de Saint-Imier, qui, avec une obligeance pour laquelle je tiens à le remercier, m'a envoyé un certain nombre d'échantillons du portlandien des environs de Saint-Imier, ainsi que d'autres localités. Pour le moment, je me bornerai à publier seulement les calcaires de Saint-Imier, me réservant de revenir plus tard sur le sujet et de compléter ce premier exposé par le reste de la série portlandienne. Les échantillons que j'ai examinés appartiennent aux couches décrites dans le remarquable ouvrage de M. Rollier[1], principalement aux pages 15 et 16, du nº 14 au nº 1, à l'exception des nºs 10, 8, 9, 7 et 5, qui n'ont pas été analysés. Dans la description qui en sera faite, je renverrai chaque fois à l'ouvrage en question, en indiquant la page et le numéro de la couche dont provient le spécimen.

Tous ces calcaires sont argileux, mais la proportion de cette argile y varie beaucoup. Elle est comprise entre 0,6 % (calcaire subcompact) et 14,24 % (couches à N. Marcousana). La nature de cette argile diffère aussi selon les calcaires; en général, elle est composée de deux parties distinctes, l'une exclusivement constituée par des fragments anguleux de quartz, l'autre, qui est une véri-

[1] Rollier, Facies du malm jurassien. *Archives,* février 1888.

table argile, se laisse facilement séparer de la première par lévigation. La couleur en est jaune, sauf dans la variété rouge du calcaire dolomitique (facies, p. 15, n° 13), où elle présente une couleur rouge de brique due à une forte proportion de silicate de fer. Une analyse, sommaire du reste, du résidu insoluble total (partie quartzeuse et argileuse) des couches à Natica Marcousana m'a donné :

SiO_2	=	67,68
$(FeAl)_2O_3$	=	23,91
CaO	=	0,66
MgO	=	1,97
H_2O	=	4,79
		99,01

Cette argile correspond donc à un silicate d'alumine et de fer hydraté avec excès de silice.

Quant aux proportions relatives des carbonates de chaux et de magnésie, elles sont, pour le premier, de 98,51 (calcaire subcompact) à 83,87 (couches à N. Marcousana), et, pour le second, de 0,88 (bancs compacts en dalles) à 1,36 (bancs compacts), soit 1 °/₀ en chiffre rond (en exceptant, bien entendu, les calcaires dolomitiques). En général, les analyses accusent une différence en plus, ce qui provient de la chaux dosée comme CaO, et qui donne toujours des résultats un peu forts si la quantité de substance dépasse 0,2-0,3. L'excès ne porte donc que sur la chaux, partant sur le carbonate.

Les oxydes de fer et d'alumine existent toujours dans ces calcaires, mais en faible quantité, ne dépassant pas 0,310 °/₀ (calcaire oolithique). Enfin, il faut encore mentionner l'acide phosphorique, qui ne fait jamais défaut et

que j'ai retrouvé dans tous les calcaires, mais en quantité trop faible pour être dosé. Je me contente donc de l'indiquer une fois pour toutes. Quant aux densités, elles oscillent entre 2,779 (calcaire dolomitique) et 2,67 (calcaire en plaquettes), la moyenne étant généralement de 2,69.

I. Calcaire oolithique a Corbula Forlesiana (Lignières).

(Facies, p. 4.)

Calcaire gris, avec fines oolithes de même couleur et petites paillettes cristallines de spath.

Densité = 2,701.

Analyse :

Argile	=	1,45			
$(FeAl)_2O_3$	=	0,31			
CaO	=	54,42	$CaCO_3$	=	97,17
MgO	=	0,57	$MgCO_3$	=	1,19
CO_2	=	43,29			
Eau hygroscopique	=	0,17			
		100,21			

II. Bancs compacts avec lits argileux.

(Facies, p. 16, n° 1.)

Calcaire grisâtre, avec taches jaune-rouille.

Densité = 2,682.

Analyse :

Argile	=	6,42			
$(AlFe)_2O_3$	=	0,18			
MgO	=	0,65	$MgCO_3$	=	1,36
CaO	=	51,31	$CaCO_3$	=	91,62
CO_2	=	41,24			
Eau hygroscopique	=	0,16			
		99,96			

III. Bancs coralligènes.

(Facies, p. 16, n° 2.)

Calcaire grisâtre, cristallin, un peu argileux, avec veines de calcite.

Densité = 2,68.

Analyse :

Argile	=	1,36			
$(FeAl_2)O_3$	=	0,09			
CaO	=	54,62	$CaCO_3$	=	97,53
MgO	=	0,56	$MgCO_3$	=	1,17
CO_2	=	43,36			
Eau hygroscopique	=	0,25			
		100,24			

IV. Calcaire blanchatre a Nérinées.

(Facies, p. 16, n° 3.)

Calcaire homogène blanc, cristallin, avec fissures capillaires remplies de calcite cristallisée.

Densité = 2,712.

Analyse :

Argile	=	1,05			
$(FeAl)_2O_3$	=	0,22			
CaO	=	54,98	$CaCO_3$	=	98,17
MgO	=	0,53	$MgCO_3$	=	1,11
CO_2	=	43,40			
Eau hygroscopique	=	0,12			
		100,30			

V. Calcaire pale a Nérinées.

(Facies, p. 16, n° 5.)

Calcaire blanc jaunâtre, avec taches plus claires et structure cristalline.

Densité = 2,694.

Analyse :

Argile	=	0,79			
$(FeAl)_2O_3$	=	0,10			
CaO	=	55,05	$CaCO_3$	=	98,30
MgO	=	0,59	$MgCO_3$	=	1,24
CO_2	=	43,55			
Eau hygroscopique	=	0,21			
		100,29			

VI. Bancs compacts en dalles.

(Facies, p. 16, n° 6.)

Calcaire jaune pâle, homogène, à cassure esquilleuse.

Densité = 2,690.

Analyse :

Argile	= 1,53			
$(FeAl)_2O_3$	= 0,08			
CaO	= 54,78	$CaCO_3$	=	97,82
MgO	= 0,42	$MgCO_3$	=	0,88
CO_2	= 43,12			
Eau hygroscopique	= 0,12			
	100,05			

VII. Couches a Natica Marcousana.

(Facies, p. 15, n° 12.)

L'échantillon provient d'un bloc plus compact, de même nature que les fossiles. Il est friable, jaune, et se montre le plus argileux des calcaires portlandiens examinés jusqu'ici.

Densité = 2,686.

Analyse :

Argile	= 14,24			
$(FeAl)_2O_3$	= 0,15			
MgO	= 0,58	$MgCO_3$	=	1,21
CaO	= 46,97	$CaCO_3$	=	83,87
CO_2	= 37,86			
Eau hygroscopique	= 0,69			
	100,49			

VIII. Calcaires en plaquettes.

(Facies, p. 15, n° 12.)

Calcaire argileux, jaunâtre, feuilleté, donnant des éclats onduleux, parcouru par des joints très minces, remplis de calcite.

Densité = 2,67.

Analyse :

Argile	= 7,86			
$(FeAl)_2O_3$	= 0,17			
CaO	= 51,16		$CaCO_3$	= 91,35
MgO	= 0,49		$MgCO_3$	= 1,03
CO_2	= 40,40			
Eau hygroscopique	= 0,24			
	100,32			

IX. Calcaire dolomitique (variété jaune).

(Facies, p. 15, n° 13.)

Calcaire jaune pâle, grenu, homogène, avec grains noirs disséminés. Certaines variétés sont caverneuses et désagrégées.

Densité = 2,779.

Analyse :

Argile	= 1,46			
$(FeAl)_2O_3$	= 0,12			
CaO	= 43,63		$CaCO_3$	= 77,91
MgO	= 10,01		$MgCO_3$	= 21,01
CO_2	= 44,96			
Eau hygroscopique	= 0,20			
	100,38			

X. Calcaire dolomitique (variété rouge).

(Facies, p. 15, n° 13.)

Calcaire grenu, cristallin, de couleur rouge-brique avec grains noirs, comme le précédent. Cette coloration provient de l'argile très ferrugineuse contenue dans ce calcaire. La composition chimique de l'échantillon examiné l'éloigne des calcaires dolomitiques et en fait plus vraisemblablement un calcaire magnésien. Cette composition, comme on le voit dans l'analyse qui suit, est assez différente de celle du calcaire dolomitique, dont ce spécimen n'est cependant qu'un facies particulier.

Densité = 2,703.

Analyse :

Argile	= 1,82			
$(FeAl)_2O_3$	= 0,20			
CaO	= 53,15		$CaCO_3$	= 94,91
MgO	= 1,43		$MgCO_3$	= 3,00
CO_2	= 43,23			
Eau hygroscopique	= 0,24			
	100,07			

XI. Calcaire subcompact.

(Facies, p. 15, n° 14.)

Calcaire homogène, gris blanchâtre, très peu argileux, présentant une cassure esquilleuse.

Densité = 2,711.

Analyse :

Argile	= 0,60		
$(AlFe)_2O_3$	= 0,12		
CaO	= 55,17	$CaCO_3$	= 98,51
MgO	= 0,46	$MgCO_3$	= 0,96
CO_2	= 43,67		
Eau hygroscopique	= 0,13		
	100,15		

En groupant maintenant les résultats obtenus, on remarque que, en remontant la série des calcaires figurés de la page 15 à 16, et en commençant par le n° 1, soit les « bancs compacts argileux, » on se trouve en présence d'un calcaire à 6,42 °/₀ d'argile, tandis que cette quantité diminue progressivement dans les numéros suivants jusqu'aux calcaires pâles à Nérinées, pour réaugmenter ensuite dans les bancs compacts en dalles. De là, en sautant les n°s 7, 8, 9 et 10, non examinés, on trouve les couches à N. Marcousana, où la proportion d'argile atteint son maximum, pour diminuer ensuite successivement jusqu'aux calcaires subcompacts, qui sont du carbonate de chaux presque pur. L'augmentation se pour-

suit-elle régulièrement des bancs compacts en dalles aux couches à N. Marcousana? je ne saurais le dire. M. le prof. Rollier, auquel j'ai demandé des renseignements sur les couches 7-10, me dit que ces assises sont irrégulières avec veines et lits argileux peu propres par conséquent à l'analyse. Il m'a cependant récemment envoyé les échantillons correspondants, que j'examinerai dans la suite. En résumé, envisagées dans leur ensemble, les couches portlandiennes n'offrent pas de variations considérables dans leur composition, les plus fortes différences qui portent sur l'argile (partant sur le carbonate de chaux) étant dans la proportion de 1 à 14 °/₀. Ceci semblerait indiquer des conditions de sédimentation et un mode de dépôt ayant très peu changé pendant la majeure partie de l'époque portlandienne et présentant seulement une succession de maxima et de minima dans la quantité des matériaux argileux déposés avec les calcaires, ces maxima et minima ne semblent pas se produire brusquement, mais au contraire par gradation successive (du moins jusqu'aux bancs compacts en dalles). Cette uniformité dans le mode de dépôt semblerait d'autant plus probable que, comme le dit fort bien M. le prof. Rollier, les allures des couches portlandiennes sont plus régulières qu'on ne le pense généralement, et certains niveaux, principalement celui à Natica Marcousana (qui précisément est une couche des mieux caractérisées par sa composition), se retrouvent avec un facies uniforme dans le Jura bernois et neuchâtelois, ainsi que dans d'autres localités.

Seules les couches dolomitiques (n° 13), arrivant sans transition, présentent un facies particulier dans cette époque; or, d'après les conditions dans lesquelles s'effectue la dolomitisation des calcaires, ce passage brusque à 1 °/₀

de $MgCO_3$ à 21 °/₀ ne me semble pouvoir s'expliquer que par un changement momentané peut-être plus ou moins régional dans les dépôts de haute mer du jurassique supérieur. Du reste, ces couches dolomitiques seront soumises à un nouvel examen. Quant à la variété rouge, elle contraste singulièrement avec ces couches dolomitiques. M. le prof. Rollier m'écrit que c'est du reste un accident tout à fait local à Champmeusel, près de St-Imier. Cette roche n'existe pas en couches régulières, elle se trouve en nids et lentilles de peu d'étendue de 1 à 2 mètres de longueur et d'un demi-mètre d'épaisseur. Il est possible, d'après lui, que cette roche ait subi des transformations ultérieures à son dépôt marin, car l'assise est cariée par places, ce qui peut expliquer une variation aussi considérable.

Ces quelques lignes sur les calcaires portlandiens demandent un complément qui, je pense, fera l'objet d'une communication future.

MANUEL D'ASTRONOMIE[1],

PAR

M. le professeur R. WOLF.

Un ouvrage considérable d'érudition et de science vient de commencer à paraître sous la forme d'un volume in-8° publié à Zurich et qui doit être suivi de trois autres. Son auteur, M. le prof. R. Wolf, indique lui-même le but qu'il s'est proposé en le composant, dans une préface que nous ne pouvons mieux faire que de traduire, pour en annoncer l'apparition aux lecteurs des *Archives*.

« Le nouveau MANUEL D'ASTRONOMIE, dont j'offre ici au public la première partie et dont les trois autres suivront prochainement, est destiné aux étudiants, comme aussi à mes confrères astronomes. Aux premiers il doit montrer la voie suivie pendant une longue expérience pour se rendre familière la science astronomique; il doit les avertir de ne point se hasarder dans son étude sans une certaine somme de connaissances préalablement acquises; il doit leur faire comprendre qu'après avoir pris une vue d'ensemble du sujet, il faut s'initier à la connais-

[1] *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur*, von Dr Rud. Wolf. Zurich, F. Schulthess, 1890.

sance des instruments, aux méthodes d'observation et de calcul, pour arriver enfin aux détails de la mécanique et de la physique célestes. Aux seconds il pourra, en voyage, remplacer en quelque sorte leur bibliothèque, par son contenu et ses tables; chez eux, il est apte à servir de livre commode à consulter. Ils y trouveront, en effet, dans un espace restreint, une foule de documents de toute sorte, pratiques, historiques et littéraires, épars dans des centaines de volumes : mon livre, accompagné de son résumé sommaire qui le précède et de la table des matières qui le suit, facilitera leurs recherches. Je reconnais, comme je le confesse à la fin de mon premier chapitre, m'être imposé une tâche très ardue en entreprenant cet ouvrage; mais j'espère, après y avoir travaillé pendant de longues années avec application et entrain, avoir en quelque mesure atteint mon but; j'espère que ce Manuel, dont je ne puis, vu mon âge, retarder la publication et que je considère comme l'œuvre littéraire la plus considérable de ma vie, obtiendra un accueil favorable et une appréciation bienveillante. »

Si jamais homme fut capable de remplir le programme gigantesque qu'il s'était imposé en connaissance de cause, et avec les qualités requises pour le faire avec succès, cet homme était notre vénéré compatriote de Zurich. Astronome dans l'acception la plus étendue du terme, en pratique et en théorie, et à côté de cela érudit consommé, se tenant avec une conscience infatigable au courant de tout ce qui concerne l'histoire de sa science, publiant sans relâche des notices sur toutes les découvertes qu'une active investigation lui suggérait, ainsi que des livres propres à l'enseignement dans les diverses branches des mathématiques, nul n'était plus apte à poursuivre le but

qu'il nous dit s'être proposé et que ses lecteurs ne manqueront pas de trouver pleinement atteint dans cette belle œuvre.

Le premier demi-volume que nous avons sous les yeux, contenant 384 pages de texte serré, avec de nombreuses figures explicatives, donne déjà une idée de la grandeur de l'entreprise. On va en juger.

Après la définition du but de l'astronomie et un résumé succinct, en cinquante pages, de son histoire, de l'antiquité la plus reculée jusqu'à nos jours, qui ne pouvait être fait plus judicieusement que par l'auteur du volume *Geschichte der Astronomie*, paru à Munich en 1877, nous trouvons les préliminaires obligatoires à son étude.

Et d'abord les mathématiques, la science des nombres et de l'étendue, l'arithmétique et la géométrie, leurs bases philosophiques, l'historique sommaire de leur développement et de leurs opérations. Les traités élémentaires de ces branches essentielles de toute recherche abstraite de l'esprit humain peuvent donner des explications plus détaillées, plus étendues des théorèmes et des formules dont l'usage est incessant dans la pratique; aucun ne renferme, dans un compendium aussi condensé, les phases par lesquelles a passé la science et les résultats qu'elle a atteints, depuis les premières règles du calcul jusqu'aux ressources supérieures des découvertes de Newton, de Leibnitz, de leurs émules et de leurs successeurs. Les ouvrages traitant de ces matières sont tous mentionnés, à quelque pays, à quelque siècle qu'ils appartiennent, depuis les anciens Grecs et Égyptiens jusqu'aux livres de l'époque actuelle.

Une connaissance intime de son sujet permet parfois à

l'auteur des revendications sévères en faveur de savants, mal jugés par tel de nos contemporains, et à qui l'honneur de certaines découvertes revient aux dépens de celui dont le nom y est resté attaché. Ainsi, à propos des logarithmes, auxquels le nom de Neper est toujours lié, trouvons-nous le nom de Bürgi, vertement réhabilité en vue de Biot, qui, dans son analyse des ouvrages de Napier, parle d'un « mathématicien obscur du continent, appelé Byrge, qui, comme sans doute beaucoup d'autres, » a fait des essais pour accourcir les calculs numériques.

Le troisième chapitre du volume renferme ainsi, en 88 pages, la partie arithmétique et algébrique de l'ouvrage; le quatrième est consacré à la géométrie. Il part de Thalès, d'Euclide et d'Archimède, pour nous faire passer en revue tous les grands noms de la science sans laquelle l'accès à l'Académie de Platon était interdit, et à propos de laquelle Copernic a choisi, pour épigraphe de son livre immortel *De revolutionibus*, etc., la devise : Ἀγεωμέτρητος οὐδεὶς εἰσίτω. Impossible d'analyser ici l'abrégé donnant, dans 122 pages, l'historique et la substance des diverses branches de ce vaste sujet : goniométrie, trigonométrie plane et sphérique, géométrie analytique à deux et à trois dimensions, chorographie, etc.

Le chapitre sur la mécanique est plus court, 24 pages. Quelques anciens en ont indiqué les premiers principes, ainsi Archimède, Stevin, Galilée, Huygens, mais elle ne devient science exacte que dans les temps modernes, et le premier traité qui en est rédigé porte le nom de Varignon, Paris, 1687. L'illustre livre de Lagrange, la *Mécanique analytique*, est plus tard à la base de toutes les grandes découvertes astronomiques de notre siècle. Le détail de la marche d'une étude qui s'est produite et se continue

de nos jours sort du cadre du présent manuel, qui ne mentionne que quelques principes de ses deux vastes subdivisions, la statique et la dynamique. Lorsque viendront les chapitres traitant des mouvements des astres, leurs formules seront à chaque instant invoquées et développées.

Le sixième chapitre renferme les notions de physique indispensables plus que jamais aujourd'hui à tout prétendant aux études astronomiques. L'optique est, depuis trois siècles, liée intimement à son extension ; le pendule est du ressort de la physique terrestre, le baromètre, les phénomènes de la réfraction, toute la météorologie également, et, à l'époque actuelle, aucune opération pratique ne peut presque se passer du secours des dernières découvertes en photographie, en spectroscopie et en électricité. L'union des deux sciences, qui était autrefois moins étroite, tend à le devenir toujours davantage. Ne voyons-nous pas des observatoires astro-physiques se fonder par les États et par les particuliers? Nous en savons les raisons ; inutile d'y insister ici. Aussi les cent pages d'exposé savant et correct de notre manuel pourront-elles paraître à aucuns insuffisantes lorsqu'ils auront à se repérer dans certaines situations pratiques. Mais comment résumer la science qui, dans notre demi-siècle, a fait les pas de géant que l'on sait ! Il leur faudra l'aide d'un manuel spécial de physique, et ils en trouveront, quittes à le renouveler fréquemment, à cause de ses incessants progrès. Y en a-t-il, en langue française, où ils rencontreront, par exemple, l'indication de Kepler comme inventeur du télescope astronomique? Non pas que cet homme de génie soit parvenu à construire l'appareil que son compatriote Scheiner exécuta quelques années plus tard ; mais il avait

publié, dès 1611, des travaux de dioptrique prouvant qu'il se rendait compte de l'effet des diverses lentilles, découvertes en Hollande, et de leurs combinaisons pour la production des images.

Ici se termine la partie publiée de l'œuvre, dont notre maigre résumé donne une idée très imparfaite. Grâce au sommaire dont il est précédé, nous pouvons indiquer la distribution de sa substance essentielle, dont le volume que nous avons en mains ne renferme que les prolégomènes.

Le second livre aura pour titre : *Introduction à l'astronomie,* et se compose également de six chapitres, qui prennent rang après ceux du premier :

VII. Les premières mensurations.
VIII. Les étoiles fixes et les planètes.
IX. La Terre et la Lune.
X. Le système solaire.
XI. Les mondes.
XII. La mesure du temps.

Le troisième est consacré à la *Théorie des instruments et des mesures,* avec les chapitres suivants :

XIII. La théorie des instruments.
XIV. Les mesures absolues.
XV. Les mesures relatives.
XVI. La géodésie.
XVII. L'influence et la détermination de la parallaxe et de la réfraction.
XVIII. La théorie des éclipses et des occultations.

Le quatrième contient la *Mécanique et la physique célestes,* et se subdivise sous les titres qui suivent :

XIX. La loi de gravitation et ses conséquences.
XX. Le Soleil.
XXI. Les planètes, leurs satellites et anneaux.
XXII. Les étoiles filantes et les comètes.
XXIII. L'astronomie stellaire.
XXIV. Les systèmes stellaires.

Cette énumération de titres, ne différant guère de celle de tout traité général d'astronomie, ne rend point compte de la nouvelle publication. Il faut, pour en comprendre la portée, avoir scruté la valeur magistrale d'un texte subdivisé en 640 paragraphes successifs, accompagnés chacun d'une justification étendue, donnant les développements mathématiques, historiques et bibliographiques de son contenu. Il y a là tout un monde d'enseignements et de renseignements absolument sûrs, réunis avec une sagacité remarquable, après une carrière prolongée d'activité et de recherches, par un des savants les plus compétents de notre siècle. Aussi son livre a-t-il sa place assurée dans toute bibliothèque scientifique. E. G.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

G. Stadler. Bestimmung des absoluten Wærmeleitungs Vermögens..... Détermination de la conductibilité calorifique absolue de quelques roches. Thèse, Berne, 1890.

Les corps à étudier sont taillés sous la forme de cubes de 5 à 6 centimètres de côté, chauffés à 30 ou 40° dans une étuve, puis introduits dans un courant d'eau froide. On déduit le coefficient de conductibilité de la marche du refroidissement donnée par une soudure thermo-électrique cuivre-maillechort placée en un point convenablement choisi de l'intérieur de ces cubes, et de la chaleur spécifique obtenue à la manière ordinaire par le calorimètre à eau.

Les valeurs trouvées pour le coefficient de conductibilité sont comprises entre 0,1822 pour une molasse peu compacte et 0,5260 pour un calcaire du Jura. Elles varient du reste notablement pour une même roche avec la provenance et la composition. C. S.

P. Bachmetjew (à Zurich). Entstehungs Ursache..... Sur la cause des sons produits par l'aimantation intermittente des métaux magnétiques. (*Repertorium der Physik,* 1890, XXVI, 137-145.)

Il résulte des expériences rapportées dans ce travail que

les sons dont il s'agit semblent devoir être attribués aux variations de longueur que les métaux magnétiques subissent sous l'influence de l'aimantation.

Un barreau de fer s'allonge lorsqu'il est aimanté et rend un son par une aimantation intermittente. Ces deux effets croissent avec l'aimantation. Si le barreau est soumis à une tension graduellement croissante, ces deux effets diminuent progressivement, s'annulent pour une tension suffisante; puis, la tension augmentant toujours, l'allongement se change en un raccourcissement et les sons réapparaissent. C. S.

CHIMIE

Aug. Bischler. orthonitrophénylhydrazine. (*Berichte*, XXII, p. 2801, Zurich.)

L'orthonitrophénylhydrazine se transforme par réduction en α phentriazine, probablement suivant le schema

$$C_6H_4\begin{cases} NO_2 \\ NH.NH.CHO \end{cases} \qquad C_6H_4\begin{cases} NH_2 \\ NH.NH.CHO \end{cases}$$

$$C_6H_4\begin{cases} NH—CH \\ \quad\;\;\; \| \\ NH—N \end{cases}$$

N, CH, N, N

quoiqu'on ne puisse isoler les produits intermédiaires.

L'α phentriazine forme des aiguilles jaunes fusibles à 65°-66°, elle est volatile avec les vapeurs d'eau et bout vers 235°-240°. L'α phenméthyltriazine $C_8H_7N_3$ fond à 88°-89°, toutes deux ressemblent par leur odeur aux alcaloïdes.

GÉOLOGIE

Dr G. Steinmann. Elemente der..... Éléments de Paléontologie, avec le concours du Dr L. Döderlein, 848 p. in-8° avec 1030 grav. (Leipzig, 1888-90, W. Engelmann.)

Il vient de paraître, sous ce titre, un ouvrage de 850 pages in-8°. D'un arrangement exquis, il contient ce qui est le plus nécessaire pour l'étudiant en paléontologie et pourra être consulté utilement aussi par les savants.

Les auteurs, qui sont des spécialistes bien connus, ont réussi à donner, dans un groupement simple et lucide, les parties essentielles de la paléontologie. De haut intérêt sont les nombreux résumés de géologie géographique sur la distribution des groupes principaux de fossiles.

Limité en étendue, l'ouvrage ne peut contenir que la description des genres d'une certaine importance, soit paléontologique, soit stratigraphique. Il se borne à indiquer quelques espèces typiques pour chaque genre. Mais le choix des matières est très heureux, les 1000 dessins sur bois sont exécutés avec beaucoup d'élégance et souvent d'une exactitude admirable.

Dans les livres de ce genre, les vertébrés sont souvent traités très sommairement. L'ouvrage de MM. Steinmann et Döderlein, au contraire, leur accorde, à juste titre, une large place (presque la moitié du texte et 400 dessins), vu leur importance biologique. Les auteurs ont pris surtout en considération les recherches américaines (de Cope en particulier) sur la phylogenèse des mammifères. C'est ici que l'ouvrage excelle et dépasse avantageusement les traités analogues.

Ce livre rendra de très bons services et nous espérons en voir un jour une traduction française.

Dr Bertschinger.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

Séance du 19 février 1890.

Renevier, prof. : 1° Forêt silicifiée d'Arizona; 2° Phosphorites de Bessarabie : 3° Disque gypseux de la Veveyse.

M. le prof. Renevier montre une section de 12 centimètres de diamètre d'un petit tronc silicifié du territoire d'Arizona (États-Unis), et deux photographies de la forêt pétrifiée dite *Chalcedony Park*, dont il y avait de si beaux spécimens à l'Exposition de Paris. Ce remarquable phénomène naturel se trouve à 40 milles S-E. de Holbrook, dans le Apache County. Les photographies montrent des troncs silicifiés de toutes dimensions, gisant dans toutes les positions, au milieu de cendres volcaniques, paraît-il. Ces troncs sont silicifiés en agate de vives nuances, et présentent la structure ligneuse, admirablement conservée, avec les cercles annuels et l'écorce. D'après les auteurs américains, ils se rapporteraient aux genres *Araucaria* et *Sequoia*.

M. le prof. Renevier communique les nouveaux renseignements qu'il a obtenus sur les nodules fibro-rayonnants du sud de la Russie, qu'il avait montrés dans une précédente séance.

M. Sigismond Gorgerat, qui avait bien voulu offrir ces échantillons au Musée, lui écrit ce qui suit de Nicolaïeff :

« Les phosphorites en boules proviennent de la propriété de M[me] Bielikovitch, district d'Ardiéieff, gouvernement de Bessarabie. Ces formations calcaires se trouvent en abondance sur plusieurs points de la Russie, dans des terrains marneux, avoisinant le cours des grandes rivières, et notamment du Deniestre et de ses affluents.

« Néanmoins, outre la propriétaire ci-dessus, il n'y a à ma connaissance que le général Koulomzine qui exploite régulièrement les phosphorites, sur la frontière des gouvernements de Kostroma et de Moscou.

« Dans ces deux propriétés, les phosphorites sont réduites en farine, qui constitue un richissime engrais, s'expédiant à de grandes distances. De temps en temps, les phosphorites de Bessarabie s'exportent à l'état brut, depuis Odessa, par voie de mer.

« Là où les couches de marne affleurent dans le thalweg des rivières, les phosphorites se trouvent à la surface du sol. Du reste, les gisements sont assez riches pour permettre de négliger toutes les couches se trouvant à plus de 1^m,50 de profondeur.

« Les phosphorites russes sont d'une grosseur exceptionnelle en comparaison des américaines, Elles contiennent généralement 15 % d'acide pyrophosphorique, tandis que les américaines n'en contiennent guère que 3 %. Malgré cette pauvreté relative, l'exploitation est poussée beaucoup plus activement en Amérique qu'en Russie. »

D'autre part, M. le prof. E. Chuard a bien voulu analyser la substance de ces nodules fibro-rayonnants, et a obtenu les résultats suivants :

Matière insoluble dans les acides (silice et silicates)...	4,26
Phosphate de calcium (avec un peu de magnésium)..	68,80
Carbonate de calcium et magnésium...............	25,96
Perte (eau et un peu de matière organique).........	0,98
	100,00

C'est donc bien de la phosphorite, et même très riche; toutefois, la masse, n'étant pas très homogène, est probablement moins riche que les fragments choisis. Les nodules reçus pour le Musée mesurent 7 cm. et 13 cm. de diamètre.

M. le prof. Renevier communique ce qui suit au sujet de *disques gypseux de la Veveyse de Châtel* :

« Il y a déjà plusieurs années que j'avais reçu d'un pourvoyeur de fossiles de petits disques grisâtres translucides, provenant du néocomien de Châtel-St-Denis, où ils se trouvent assez abondants dans une couche marno-schisteuse contenant des *Ammonites* et des *Aptychus*.

« Ces corps m'avaient intrigué, et je me figurais qu'ils devaient être organiques ; toutefois M. G. Maillard, alors qu'il était préparateur au Musée, les avait examinés au microscope, et n'avait pu y trouver aucune trace de structure organique.

« L'automne passé, à la réunion de Lugano, j'en parlai occasionnellement à M. le prof. G. Steinmann, de l'Université de Fribourg en Brisgau, qui m'engagea à lui en envoyer, et qui, après étude microscopique, m'écrivit qu'il n'y voyait non plus rien d'organique.

« En fin de compte, je priai M. le prof. E. Chuard de bien vouloir analyser un de ces disques, pour savoir au moins quelle est leur composition. Celui-ci a constaté que c'est du *sulfate de calcium hydraté*. Mais, dans la gangue marno-schisteuse, il a reconnu des traces de sulfate, de phosphate et de *matières organiques azotées*, en petite quantité, assez cependant pour qu'on puisse nettement constater l'azote, comme ammoniaque.

« M. Chuard ajoute que ce fait permet de supposer que les disques gypseux peuvent avoir été d'origine organique, alors même que leur substance organique a disparu.

« J'ajoute que ces disques, très nombreux dans la couche, mesurent de 5 à 20 mm. de diamètre, avec une épaisseur de $^1/_4$ à $^1/_2$ millimètre. Ils sont translucides, très fragiles, un peu plus épais au centre, avec un petit mamelon médian, parfois pyriteux. »

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 20 février 1890.

Gosse et Duparc. Sidérolitique du Salève. — Th. Turrettini. Régularisation du niveau du lac de Genève. — Sarasin et de la Rive. Résonance multiple des ondulations électriques. — R. Gautier. Observations de M. Schiaparelli sur la planète Mercure. — A. Rilliet. Mémoires de la Société.

MM. le prof. Gosse et L. Duparc complètent la communication antérieure *sur le sidérolitique du Salève* et disent quelques mots d'une nouvelle grotte qu'ils ont eu l'occasion de visiter ensemble, Elle est située dans les premières parois crétacées du petit Salève au nord de Monnetier. Cette grotte, ou plutôt cette excavation, présente la forme d'une voûte dont la courbure correspond à peu près à l'inclinaison des couches de la montagne. Rétrécie à sa partie supérieure, elle s'élargit vers le bas jusqu'au sol, qui est disposé en forte pente. La hauteur en est de 8 à 9 mètres, la profondeur de 10 à 12. Le fond est occupé par une bande de sable siliceux de deux mètres d'épaisseur environ, qui se distingue immédiatement par sa couleur du calcaire environnant. Ce sable siliceux, ferrugineux par places, correspond absolument aux sables sidérolitiques de Cruseilles, avec lesquels il doit être identifié. Il est séparé du calcaire compact, dans toute sa partie supérieure,

seulement par une mince bande d'un tuf calcaire argileux très friable. Il est évident que cette grotte remplie est le reste d'un filon sidérolitique analogue à ceux qu'on voit dans la grande gorge et à la cluse du pont de la Caille. Le remplissage s'est-il effectué de l'extérieur à l'intérieur ou vice versa? Les deux hypothèses sont également plausibles, la deuxième paraît cependant plus probable.

M. Turrettini expose les résultats constatés en 1889 pour la *régularisation du niveau du lac de Genève* en se basant sur les observations limnimétriques faites à Sécheron par M. Phil. Plantamour [1].

M. Sarasin au nom de M. de la Rive et en son nom résume les principaux résultats obtenus par ces Messieurs dans leurs recherches sur la *résonance multiple des ondulations électriques* [2].

M. R. Gautier rend compte des très curieuses observations de M. Schiaparelli sur *la planète Mercure.*

M. Rilliet présente à la Société le tome XXX, seconde partie de ses *Mémoires* qui vient de paraître et qui contient :

1. Note sur les mouvements des corps électrisés, par M. Ch. Cellérier.
2. Locustides nouveaux ou peu connus, par M. Alph. Pictet.
3. Contributions à la Flore du Paraguay. Supplément nº II. Légumineuses, par M. M. Micheli.
4. Contributions à la Flore du Paraguay. Supplément nº III. Polygalacées, par M. R. Chodat.
5. Diatomées fossiles du Japon, par MM. J. Brun et J. Tempère.

[1] *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIII, p. 161.
[2] *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIII. p. 113.

Séance du 6 mars.

Müller. Travaux sur les Lichens. — Duparc et Picinelli. Serpentine du Geisspfadsee. — Th. Flournois. L'audition colorée.

M. Müller parle des *Lichens* qui croissent sur les feuilles et qui sont très abondants dans les pays chauds. Ils sont généralement fort petits et ont donc été négligés bien longtemps. Ce n'est qu'en 1824 que le prof. Fée, de Strasbourg, en publia une première série de 14, en les figurant et en les décrivant avec soin. De ces 14 il faut cependant défalquer 4, pour dimorphisme de fructification et pour formation anormale. Dans les années suivantes jusqu'à 1855, l'illustre Montagne de Paris en publia 11, qui, pour raison de l'exclusion de 2 champignons et de réduction de 2 espèces, ne font réellement que 7 espèces légitimes. Nylander, Tuckerman et Leighton, en 1858, 1864 et 1866, en ont ajouté ensemble 4 espèces, ce qui porte le total à 21. Un travail plus important parut en 1874, dans lequel une suite de 24 Lichens épiphylles de Bornéo, rapportés par le Dr Beccari, furent publiés par le Dr Krempelhuber, de Munich. Mais 4 de ces Lichens étaient déjà connus, 2 sont de simples synonymes d'espèces déjà publiées, une espèce (très commune sur écorce) n'est épiphylle qu'occasionnellement et une autre se rapporte en réalité aux champignons, en sorte que le total de ces 24 espèces se réduit à 16. Ensuite, de 1877 à 1881, le Dr Stirton, à Glascow, à différentes reprises, a publié des Lichens épiphylles du bassin des Amazones, de la Nouvelle Zéelande et de l'Australie, au nombre de 34, se réduisant aujourd'hui à 28. Quelques-uns de ces 28 ne sont pas assez solidement établis, leur place générique même étant douteuse, ce qui fait prévoir encore d'autres réductions.

Il résulte de cette revue, qu'en 1881 on connaissait environ 65 espèces épiphylles distinctes, mais à cette époque leur nombre semblait plus grand, car les réductions dont il est question plus haut, n'ont été établies que plus tard, par

l'étude faite à nouveau que M. Müller a pu faire sur les originaux des auteurs, à l'exception de ceux de Stirton.

En 1881 et 1885, M. Müller a lui-même publié, dans ses *Lichenologische Beiträge,* un total de 71 espèces épiphylles nouvelles, tout en ne comptant que les espèces exclusivement épiphylles, abstraction faite des sous-espèces. Ces Lichens provenaient de tous les pays des régions chaudes.

M. Müller parle ensuite de son dernier travail sur ce même sujet, qui roule presque entièrement sur des Lichens épiphylles brésiliens, fournis par MM. Puiggari, Glaziou et Ule. Ces matériaux ont été immensément riches, car il y avait environ 500 numéros, parmi lesquels se sont retrouvées non seulement les espèces publiées antérieurement dans les *Lichenologische Beiträge,* mais aussi une grande partie des espèces plus anciennes des autres auteurs, et en outre une nouvelle série de 55 espèces nouvelles, ce qui porte à 126 le nombre des espèces épiphylles nouvelles publiées par M. Müller.

D'un grand intérêt est en outre le fait, que ce travail a donné lieu à l'établissement de 12 genres nouveaux, et plus intéressant encore est la découverte d'une fructification nouvelle que M. Müller appelle *Orthidium*, par analogie à *Campylidium.* Elle a le réceptacle gymnocarpique (biatorinique) et droit, le thalamium est basidiosporique, les acrospores sont unicellulaires. C'est, si l'on veut, un *Campylidium* orthotrope ou atrope. Les diverses formes de fructification des Lichens sont donc : 1° l'*Apothecium* (angiocarpique et gymnocarpique) avec les *acsospores,* 2° le *Spermogonium* avec les *Spermaties*, 3° les *Pycnides* avec les *Stylospores,* 4° l'*Hormospora* (sans réceptacle), 5° le *Campylidium* et 6° l'*Orthidium* avec les *acrospores.* C'est le premier qui est le fruit par excellence et qui joue son grand rôle dans la classification des Lichens.

MM. Duparc et Piccinelli présentent à la Société la communication suivante sur la *Serpentine du Geisspfadsee dans la vallée de Binn.*

Cette vallée, bien connue des minéralogistes, est, comme on le sait, une des dernières vallées latérales du haut Valais.

Les différentes formations géologiques qui s'y rencontrent se rattachent d'une part aux schistes lustrés, qui y acquièrent un développement considérable, et d'autre part aux gneiss qui constituent les principaux sommets de la vallée et qui présentent différents types sur lesquels ces messieurs auront à revenir. Parmi les éboulis et les cailloux roulés de la vallée on remarque certains blocs d'une belle serpentine, blocs qui proviennent tous d'un gisement situé dans les gneiss à l'endroit appelé Geisspfad, du nom du lac qui s'y trouve. Ce gisement, peu étendu, est cependant la source certaine d'une grande partie des blocs erratiques de serpentine qui se rencontrent dans le haut Valais.

Les échantillons qu'ils ont étudiés proviennent de différents points du gisement et ont été récoltés lors d'une excursion effectuée l'an dernier. Ces échantillons présentent certaines différences, soit quant à leur couleur, leur homogénéité et leur dureté. Cependant, à l'exception d'un seul, pris sur la route du Geisspfad, ils ont une composition très constante, qui se rapproche beaucoup des autres serpentines, mais qui est intéressante par la présence du chrome en assez grande quantité. La moyenne, prise sur quatre analyses différentes, leur a donné

SiO_2	=	39.10
Al_2O_3	=	3.08
Fe_2O_3	=	4.29
FeO	=	5.54
$Cr2O_3$	=	2.06
CaO	=	2.15
MgO	=	33.90
H_2O	=	11.19
		101.31

Ces serpentines sont solubles dans les acides presque entièrement; elles fondent difficilement; en tube fermé elles dégagent de l'eau et noircissent. L'une d'entre elles a donné un peu d'acide carbonique (0,60), les autres en sont exemptes.

M. Théod. Flournoy fait une communication *sur l'audition colorée.*

On sait qu'il y a des personnes chez lesquelles certaines perceptions auditives s'accompagnent spontanément de l'image plus ou moins nette d'une couleur. Ce fait, qui se rattache à tout un ordre de relations encore peu étudiées entre les divers domaines de la sensation, n'est pas si rare qu'on pourrait le croire, du moins à ses degrés faibles.

Pour ne parler ici que de la coloration des *voyelles,* sur les 61 individus que j'ai interrogés, un peu plus de la moitié sont étrangers à ce phénomène ou n'en offrent que des traces douteuses. En revanche une vingtaine, qui ne l'avaient point remarqué jusque-là, ont fourni après quelque réflexion des réponses précises et catégoriques; et il s'en est trouvé 8 autres qui d'eux-mêmes avaient été depuis longtemps déjà frappés de la couleur des sons. Chez ces privilégiés, la sensation colorée (sans aller jusqu'à l'hallucination et l'objectivation externe, comme quelques observateurs en ont publié des exemples) atteint un grand degré de vivacité et s'impose souvent à eux contre leur gré; quelques-uns, ayant dépassé la trentaine, sont maintenant moins sujets à ces impressions, mais ils se souviennent d'en avoir été obsédés dans leur jeunesse et de s'être attiré par là les moqueries d'un entourage incrédule.

Les couleurs attribuées aux divers sons varient beaucoup d'un individu à l'autre. Toutefois, en réunissant les statistiques de Fechner (Leipzig 1876) et de Bleuler et Lehmann (Zurich 1881), on dispose pour chaque voyelle (sauf l'U français) de plus de cent cas qui permettent de formuler les règles suivantes, intéressantes lorsqu'on les rapproche des expériences de König sur la hauteur des voyelles :

OU et O (voyelles graves) ne sont jamais blancs, et revêtent volontiers des teintes foncées. — E et I (voyelles élevées) ne sont jamais noirs et ont de préférence des couleurs claires. — A (intermédiaire) est presque toujours blanc, noir, rouge ou bleu.

Les 15 à 20 cas que j'ai réunis jusqu'ici pour chaque voyelle se conforment *en gros* à ces règles; pourtant ils renferment trois I noirs et quatre O blancs; — et les quelques observations publiées en France diffèrent également en cela des statistiques allemandes.

L'audition colorée est loin d'être expliquée. Elle a sans doute des causes multiples, parmi lesquelles figurent peut-être au premier rang certaines analogies dans l'élément affectif, émotionnel, inhérent à toutes nos sensations même les plus objectives en apparence comme celles de la vue et de l'ouïe.

Séance du 20 mars.

Dr Girard. Du rôle du cerveau dans l'acte respiratoire.

M. H. Girard expose le résultat d'expériences qu'il a faites en vue de déterminer aussi exactement que possible le *rôle que l'on peut légitimement attribuer au cerveau dans l'acte respiratoire.*

Toute excitation électrique, chimique, thermique ou mécanique d'éléments nerveux sensitifs ou sensoriels, centraux ou périphériques, peut altérer d'une façon ou d'une autre la forme normale de la respiration; et par conséquent une partie quelconque de l'axe cérébro-spinal, contenant des éléments sensitifs, peut modifier temporairement le rythme ou la puissance des mouvements respiratoires, sans être pour cette raison un véritable *centre respiratoire.*

C'est précisément le cas de la région qu'a explorée M. *Christiani* (tubercules quadrijumeaux antérieurs), où se trouvent en particulier des fibres de l'appareil optique, et celle qu'ont décrite MM. *Martin* et *Booker*, où l'on rencontre d'autres fibres sensitives. Ces expérimentateurs ont excité des voies centripètes, et non pas des centres.

Lorsqu'il s'agit de localiser un centre quelconque, les excitations électriques constituent un moyen d'investigation défectueux, les expériences destructives ont seules une valeur réelle.

Legallois avait déjà constaté que des animaux excérébrés respirent encore pendant plusieurs heures, si l'hémorragie qui accompagne toujours cette opération n'a pas été trop abondante. La respiration normale ne dépend donc ni du

cerveau antérieur, ni du cerveau intermédiaire, ni du mésencéphale, ni du cerveau postérieur. On peut même constater encore un certain nombre de mouvements respiratoires du tronc après l'ablation de la protubérance et de la partie céphalique de la moelle allongée.

Mais il semble résulter de travaux faits récemment dans le laboratoire de physiologie de l'Université de Berne que les tubercules quadrijumeaux postérieurs auraient sur la respiration une influence spéciale. M. *Marckwald* s'est assuré, comme tous ceux qui ont fait des expériences dans ce domaine, que l'on peut extirper tout le cerveau à un animal intact auparavant, sans compromettre gravement sa respiration; mais au cours de ces recherches laborieuses, il a cru voir qu'il n'en était pas de même lorsqu'il avait préalablement sectionné les deux nerfs pneumogastriques, qui constituent, chacun le sait, les voies centripètes les plus importantes de la respiration. Pour éviter l'hémorragie de l'excérébration, M. Marckwald a injecté de la paraffine chaude dans les artères cérébrales d'un certain nombre d'animaux (lapins) auxquels il coupait ensuite les deux vagues et dont il observait la respiration jusqu'à leur mort; à l'autopsie, il déterminait les territoires encéphaliques dont l'injection de paraffine avait supprimé l'activité; il est arrivé ainsi à la conclusion qu'après la section des nerfs pneumogastriques et l'élimination de la plus grande partie du cerveau, la respiration peut conserver son rythme dans tous les cas où les tubercules quadrijumeaux postérieurs sont restés intacts, mais que lorsque les tubercules quadrijumeaux postérieurs ont été aussi mis hors de combat, l'animal n'a plus jusqu'à sa mort que des spasmes respiratoires n'offrant aucune analogie avec la respiration normale. Ces spasmes seraient réguliers quand les noyaux sensitifs du trijumeau sont conservés, et irréguliers quand ces noyaux sont détruits. Les tubercules quadrijumeaux postérieurs auraient donc le pouvoir de suppléer les nerfs pneumogastriques dans la régulation de la respiration; il y aurait dans les tubercules quadrijumeaux postérieurs un appareil prêt à fonctionner lorsque les deux nerfs pneumogastriques ont été sectionnés.

M. Girard a institué sur des lapins une nouvelle série d'ex-

périences en adoptant un procédé opératoire plus simple et plus régulier, à son avis. Après avoir coupé les deux nerfs vagues, il a divisé complètement la moelle allongée un peu en arrière de la ligne de jonction du bulbe et de la protubérance; cette opération, pratiquée à l'aide du thermocautère de Paquelin chauffé au rouge sombre, ne provoque qu'une très faible perte de sang et interrompt absolument toute communication entre les centres respiratoires et le cerveau. Comme M. Marckwald, M. Girard a vu dans un certain nombre de cas, après l'élimination des nerfs vagues et des voies encéphaliques, des spasmes respiratoires persistant jusqu'à la mort de l'animal, mais il croit que c'est là un phénomène d'irritation, car plusieurs animaux n'ont pas présenté cet état convulsif, et chez quelques-uns les convulsions du début ont cédé la place, au bout d'un certain temps, à une respiration tout à fait régulière.

M. Girard présente quelques tracés de la respiration des lapins sur lesquels il a expérimenté et formule la conclusion suivante : l'appareil respiratoire central du bulbe est, après la section des vagues, encore parfaitement capable d'entretenir le rythme normal de la respiration, même lorsque ses communications avec l'encéphale ont été coupées.

Il est à remarquer que, chez les animaux excérébrés, la respiration se ralentit d'abord très sensiblement; mais au bout de quelque temps les mouvements respiratoires s'accélèrent et acquièrent même parfois une fréquence exagérée. L'élimination du cerveau ne modifie donc que temporairement la fréquence de la respiration; sous le rapport de l'influence qu'il peut exercer sur l'acte respiratoire, le cerveau ne diffère probablement en rien des autres organes doués de sensibilité.

M, Girard considère aussi comme malheureuses les tentatives qui ont été faites de localiser des centres respiratoires dans l'écorce cérébrale. D'après MM. *Schiff*, *Munk*, *Luciani*, *Horsley*, la zone rolandique n'a pas une fonction exclusivement motrice; la plupart des physiologistes ne comprennent les centres dits moteurs qu'en y faisant arriver des voies centripètes ou intercentrales sensitives ou sensorielles, et les troubles de la respiration, très variables d'ailleurs, que l'on

peut déterminer par l'excitation électrique de cette zone sont évidemment d'ordre réflexe.

Il est certain que les *muscles respiratoires* (qui sont aussi utilisés dans d'autres actes physiologiques) sont plus ou moins subordonnés aux centres encéphaliques, comme tous les muscles volontaires; mais la *respiration normale* est absolument indépendante de notre volonté et aucun des faits cités n'autorise à localiser des centres respiratoires proprement dits dans les circonvolutions cérébrales.

En résumé, M. Girard admet que la respiration physiologique est régie uniquement par le bulbe et que les seuls véritables centres respiratoires sont ceux de la zone de Legallois.

Séance du 3 avril.

C. de Candolle. Sur les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmique dans la caryocinèse. — O. Asp. Étude mathématique des diaclases par torsion. — Micheli. Bulletin météorologique. — Th. Lullin. Mouvements qui se produisent dans l'étalement d'une goutte d'eau. — Duparc et Baeff. Étude du régime de l'Arve.

M. C. de Candolle rend compte des expériences par lesquelles M. Errera[1] a démontré que les aimants sont sans action sur la *caryocinèse*, autrement dit sur la segmentation du noyau dans les cellules. Il rappelle d'abord que le prof. Strassburger[2] a découvert, il y a quelques années, que les poils staminaux du *Tradescantia virginica* conservent leur vitalité pendant douze heures, et même pendant plus longtemps encore, lorsqu'on les maintient dans une solution aqueuse de sucre de canne contenant 1 % de sucre. Dans ces circonstances, les poils continuent à s'allonger par le dédoublement régulier de leurs cellules, ce qui permet d'observer sous le microscope la segmentation de leurs noyaux directement et sans avoir recours à aucun réactif, par conséquent dans des circonstances tout à fait normales.

[1] *Bull. Soc. bot. Belgique*, février 1890.

[2] *Sitz. bericht. d. Jenaischen Gesellsch. für Medicin und Naturwiss.*, 1879.

C'est cette méthode qui a été utilisée par M. Errera. Il n'a eu pour cela qu'à placer les cultures de poils de *Tradescantia* dans le champ d'un électro-aimant dont il pouvait faire varier la position et la puissance. Or, il est résulté de ses nombreux essais que le voisinage de l'électro-aimant n'a produit aucun trouble, aucune modification dans les phases de la segmentation des noyaux et l'orientation des nouvelles cloisons cellulaires.

Non seulement ce résultat négatif prouve que l'orientation des granulations du protoplasme n'est pas influencée par le magnétisme, mais il montre aussi que cette orientation elle-même ne saurait, à l'état normal, résulter de phénomènes électriques, qui se passeraient dans la masse protoplasmatique, comme plusieurs histologistes éminents l'ont soutenu. En effet, la marche de ces phénomènes ne manquerait pas, dans ce cas, d'être modifiée sous l'influence des aimants. Cela étant, on se demande avec M. Errera à quelle cause on devra dorénavant attribuer les groupements des particules qui donnent lieu aux figures qui se dessinent à la surface du noyau et dans la masse protoplasmatique pendant la caryocinèse. Ceci amène M. C. de Candolle à rappeler qu'il a, déjà en 1883 [1], cherché à rattacher ces phénomènes à celui de la formation des rides à la surface des matières visqueuses sous l'action du frottement des liquides. De nouvelles expériences l'ont confirmé dans l'opinion que cette action doit être pour beaucoup dans l'orientation des substances en suspension dans le protoplasme ou qui s'en séparent pour se déposer contre les parois des cellules. Lors de ses premières recherches, il n'avait encore réussi à produire les rides en question que sous l'influence d'un frottement qui agissait alternativement dans deux sens opposés, ou dans un seul sens, mais d'une manière intermittente. Il est parvenu maintenant à provoquer la formation de rides rayonnantes à la surface du goudron par un frottement continu de l'eau qui recouvre sa surface. La rotation de la couche d'eau à la surface du goudron s'obtient au moyen d'un dispositif semblable à celui

[1] *Arch. Sc. phys. et nat.*, 3e période, t. IX, p. 241.

qu'à employé M. le prof. Colladon [1] pour imiter le phénomène des trombes. Le moulinet de l'appareil est remplacé par une aiguille coudée dont la branche verticale plonge dans l'eau et lui imprime un mouvement rotatoire continu. Enfin M. de Candolle attire l'attention de la Société sur les importantes recherches de M. le prof. Dr Zahn [2] relatives à la formation des rides fibrineuses d'origine pathologique. Ces rides prennent naissance dans les thromboses, les poches anévriques et en général dans tous les épanchements formés sous l'action des battements du cœur, par exemple dans les pleurésies et les péricardites. La structure ridée des dépôts de fibrine qui, dans les cas de ce genre, tapissent les parois des cavités d'épanchement, avait été de tous temps remarquée des physiologistes. Elle est même fort exactement figurée dans les anciens ouvrages d'histologie pathologique, mais la cause de cette structure était restée jusqu'ici inconnue. Or, M. le Dr Zahn, après en avoir fait l'objet d'une étude approfondie, est arrivé à la conclusion que cette cause réside dans le frottement rythmique du liquide contre la surface du dépôt fibrineux en voie de formation. Sans doute, il y a loin des cavités relativement grandes qui reçoivent les épanchements en question au calibre microscopique des cellules. Il est toutefois intéressant de noter que les faits observés par M. le Dr Zahn démontrent que le phénomène des rides de frottement peut se passer dans les êtres vivants sous l'action réciproque de matières organiques et au milieu de circonstances bien plus analogues à celles de la vie cellulaire que ne peuvent l'être les expériences de laboratoire. Aussi M. de Candolle trouve-t-il dans ces faits une indication favorable à son hypothèse concernant les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmatique.

M. O. Asp fait une communication sur l'explication géométrique des phénomènes de brisure des plaques de verre étudiés par MM. Duparc et Le Royer.

[1] *Arch. sc. phys. et nat.*, 3me part., t. XVII, p. 311.

[2] *Tagbl. d. 58 Versammlung deutsch. Naturforsch. und Aertzte*, Strasbourg, 1885; n° 4, p. 427.

Dans ces expériences sur les diaclases par torsion, le phénomène constant semble être que les brisures se produisent à un angle de 90° et font avec l'axe de torsion un angle de 45°.

Pour expliquer ce phénomène, on peut se rapporter à ce qui se produit quand on tâche de donner une forme cylindrique à une plaque homogène. La surface cylindrique se brise suivant les lignes parallèles à l'axe, cela veut dire suivant des lignes perpendiculaires aux lignes de courbure minima. Une surface doit donc en général se briser suivant une direction perpendiculaire aux lignes de courbure minima. C'est ce qui a lieu, en effet, pour la surface engendrée par la plaque tordue dans l'expérience citée. La surface qui se forme peut être regardée comme engendrée par une ligne se déplaçant suivant l'axe de torsion, tout en tournant d'un angle proportionnel à la section parcourue le long de l'axe. L'équation de cette surface, que l'on appelle la surface hélicoïdale gauche, est :

$$z = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$$

L'expression des rayons de courbure est :

$$\frac{R = dx + pdz}{xp}$$

$$p = \frac{dz}{dx} \qquad q = \frac{dz}{dy}$$

D'autre part, l'équation des lignes de courbure est :

$$\frac{dx + pdz}{dp} = \frac{dy + qdz}{dq}$$

Si l'on prend des coordonnées cylindriques, l'équation de la surface est :

$$z = b\omega, \; x = r\cos\omega$$

$$y = r\sin\omega$$

on trouve les expressions suivantes :

$$dz = b d\omega$$

$$dx = - r \sin\omega \frac{dz}{b} + \cos\omega dr$$

$$dy = r \cos\omega \frac{dz}{b} + \sin\omega dr$$

$$p = - b \frac{b \sin\omega}{r}$$

$$q = \frac{b \cos\omega}{r}$$

$$dp = - \frac{b \cos\omega d\omega}{r} + \frac{b \sin\omega dr}{r^2}$$

$$dq = - \frac{b \sin\omega d\omega}{r} - \frac{b \cos\omega dr}{r^2}$$

L'équation des lignes de courbure se réduit à :

$$d\omega = \pm \frac{dr}{\sqrt{r^2 + b^2}}$$

En ayant égard à cette équation, l'on trouve :

$$R_1 = \frac{r^2 + b^2}{b}$$

$$R_2 = - \left(\frac{r^2 + b^2}{b} \right)$$

et l'équation de l'indicatrice sera :

$$1 = \frac{x^2}{R_1} - \frac{y^2}{R_1}$$

L'indicatrice est donc une hyperbole équilatère et les lignes de courbure répondent toutes les deux à des minima. D'autre part, les lignes de courbure font un angle de 45° avec les lignes asymptotiques, qui, dans ce cas-ci, sont les génératrices

et les lignes qui leur sont perpendiculaires, c'est-à-dire parallèles à l'axe de torsion. Les brisures faisant des angles de 45° avec l'axe de torsion, se trouvent donc identiques aux lignes de courbure, et comme ces dernières lignes correspondent à des minima, l'hypothèse que la surface se brisera suivant des directions perpendiculaires aux lignes de courbure minima, se trouve justifiée. Il serait à désirer que l'expérience puisse se poursuivre dans des cas où l'indicatrice de la surface formée par la torsion, soit une hyperbole non équilatère ou une ellipse.

M. Asp a été amené à ces considérations géométriques d'après les indications de M. L. de la Rive sur la nature probable du phénomène.

M. Micheli annonce qu'à partir du 1er avril des bulletins météorologiques sont affichés contre le kiosque du tramway à la place du Molard. Le cadre renfermera les bulletins de Paris et de Zurich, et chaque jour, vers 4 heures de l'après-midi, il y sera joint une dépêche du bureau central de Zurich indiquant l'état général du temps et les prévisions pour le lendemain. C'est l'Observatoire qui s'est chargé de ce service, organisé par la Société auxiliaire des sciences et des arts.

M. C. de Candolle décrit une expérience due à M. Théodore Lullin et fournissant une indication des mouvements compliqués qui ont lieu dans une goutte d'eau au moment où elle s'étale en tombant sur un obstacle solide à surface plane et polie, telle qu'une plaque de verre. Le phénomène a déjà été étudié en détail, il y a quelques années, par M. A. Worthington[1], à l'aide d'un dispositif ingénieux permettant de projeter une lumière instantanée sur la goutte à l'instant du choc. On y voit alors se former des ondes concentriques traversées par des sillons rayonnants. Or, M. Lullin a constaté que si la goutte tient en suspension des matières pulvérulentes insolubles, comme de la silice, du carbonate de

[1] *Proced. Roy. Soc.*, v. 25.

chaux, du minium, etc, ces poussières se déposent sur le verre en y dessinant un double système de lignes concentriques et rayonnantes. En desséchant ensuite la plaque et en l'enduisant d'un vernis transparent on peut fixer la matière ainsi déposée et la conserver indéfiniment dans la disposition qu'elle a prise en tombant. De cette manière, la goutte d'eau enregistre en quelque sorte d'elle-même ses propres mouvements.

MM. Duparc et Baeff communiquent un premier aperçu sommaire du travail entrepris par eux sur *les eaux de l'Arve*. Chaque jour la vitesse de ce fleuve est mesurée à la surface par des flotteurs en prenant trois mesures, l'une au centre les autres dans les bords. Ces mesures s'effectuent entre le pont de St-Georges et la passerelle de la Jonction; chaque jour également il est pris la température de l'eau, la température ambiante, le niveau du fleuve au limnimètre de ladite passerelle, et enfin cinq litres d'eau qui est examinée ensuite au laboratoire, où l'on y détermine le degré de trouble par l'échelle déjà décrite, puis la quantité des matériaux contenus soit en dissolution, soit en suspension, calculés par mètre cube. Les résultats sont ensuite mis en graphique. Les opérations effectuées en janvier donnent en gros les résultats extrêmes suivants :

Vitesse....................	2,5 mèt. p. seconde	à	1,06
Niveau....................	1,65 m.	à	0,65
Température..............	+ 5	à	0
Opacité	1 ½	à	11 ½
Substances dissoutes par m³.	209	à	306
Subtances en suspension....	0,8 gr. p. m³	à	1236,4

L'énorme disproportion qui existe entre les chiffres des matières en suspension de même qu'entre ceux des matières en dissolution résulte d'une forte crue d'hiver accusée du 21 au 27 avec maximum au 24. Pendant cette crue, comme du reste dans la suite, on constate 1° que la quantité des substances en suspension augmente très rapidement avec la hauteur du fleuve; mais cette augmentation ne se main-

tient pas, car, le niveau restant le même pendant plusieurs jours, le chiffre des matières en suspension décroît assez rapidement; 2° La quantité des substances en dissolution varie inversement à la hauteur du fleuve, le minimum étant obtenu avec le niveau le plus élevé.

Pendant les mois de février et mars, le régime du fleuve a été assez constant et donne les chiffres suivants :

	FÉVRIER.			MARS.		
Vitesse........	1,20 m. p. sec.	à	0,73	1,11 m.p.s.	à	0,83
Hauteur........	0.49	à	0,79	0,44	à	1,10
Température ...	+ 1	à	+ 9	0	à	+ 10
Opacité........	1 $^1/_2$	à	4 $^1/_2$	2	à	5 $^1/_2$
Subst. dissoutes.	290 p. m^3.	à	332	318 p. m^3.	à	250
Subst. en susp...	1,3 gr. p. m^3	à	24,6	3,1 p. m^3.	à	1,37

Cette étude se continue ; elle fera l'objet d'une plus ample communication.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1890

Le 1er, très forte bise pendant tout le jour.

2, forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir.

3, légère neige à 7 h. du matin.

5, gelée blanche le matin ; quelques flocons de neige vers 5 h. du soir.

6, brouillard à 7 h. du matin.

7, brouillard à 10 h. du matin.

8, très forte gelée blanche le matin.

10, forte bise jusqu'à 4 h. du soir.

13, très forte gelée blanche le matin.

18, éclairs au NNW. vers 6 h. 30 du soir.

19, gelée blanche le matin.

25, brouillard enveloppant et pluie à 7 h. du matin.

27, forte gelée blanche le matin.

28, très forte rosée le matin.

29, très forte rosée le matin.

30, très forte rosée le matin.

31, très forte rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm
Le 1er à 9 h. matin	725,15
4 à 6 h. matin	730,81
7 à 11 h. matin	727,59
11 à 11 h. matin	737,66
23 à 9 h. matin	727,73
27 à 10 h. matin	734,21

MINIMUM.	mm
Le 2 à 2 h. soir	721,50
5 à 5 h. soir	723,11
9 à 6 h. matin	721,64
18 à 5 h. soir	707,36
26 à 8 h. matin	711,96
31 à 4 h. soir	724,05

GENEVE. — MARS 1890.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+°	°	cm.
1	723,88	— 1,95	722,70	725,15	— 4,89	— 7,87	— 7,2	— 2,3	579	—209	350	780	...	...	NNE. 3	0,02	3,7	—1,7	131,7
2	722,34	— 3,42	721,50	723,71	— 6,07	— 9,16	— 9,0	— 4,5	532	—254	360	740	...	...	NNE. 2	0,37	...	.....	130,0
3	727,12	+ 1,42	724,04	730,48	— 6,04	— 9,24	— 9,1	— 3,2	579	—204	400	740	0,0	...	NNE. 1	0,37	2,8	—2,7	126,2
4	729,24	+ 3,60	726,88	730,81	— 3,99	— 7,31	— 7,6	+ 0,5	644	—137	500	740	...	...	variable	0,23	3,0	—2,5	125,5
5	724,47	— 1,11	723,11	726,43	— 3,85	— 7,28	— 9,7	+ 0,9	681	— 98	540	770	...	...	SSW. 1	0,93	4,0	—1,6	120,8
6	726,09	+ 0,56	724,71	727,15	— 0,81	— 4,36	— 7,0	+ 3,9	634	—142	480	720	...	...	calme	1,00	4,0	—1,6	121,0
7	726,56	+ 1,09	725,53	727,59	+ 4,45	+ 0,79	+ 0,8	+12,0	686	— 88	430	820	...	...	calme	0,58	4,3	—1,4	120,5
8	723,88	— 1,53	721,83	725,88	+ 4,69	+ 0,91	— 2,9	+12,3	585	—186	280	820	...	...	SSW. 1	0,60	4,5	—1,2	122,5
9	723,96	— 1,40	721,64	729,34	+ 5,81	+ 1,91	+ 3,9	+11,1	580	—189	410	800	0,2	1	SW. 1	0,97	...	.....	122,0
10	732,81	+ 7,51	729,89	736,22	+ 2,93	— 1,09	+ 0,7	+ 6,0	528	—238	370	660	...	...	NNE. 2	00,3	4,7	—1,1	127,0
11	736,88	+11,63	736,30	737,66	+ 3,22	— 0,92	— 2,9	+ 9,2	564	—200	320	750	...	...	N. 0	0,82	4,9	—1,0	124,3
12	734,36	+ 9,16	732,48	736,40	+ 4,23	— 0,03	— 0,9	+ 9,5	711	— 50	600	810	...	...	variable	0,38	5,1	—0,8	123,0
13	729,03	+ 3,88	726,37	732,22	+ 6,35	+ 1,97	— 1,5	+16,2	695	— 64	380	860	...	...	calme	0,22	5,3	—0,7	122,0
14	726,08	+ 0,98	724,81	727,35	+ 7,78	+ 3,27	+ 3,0	+13,1	635	—121	430	790	...	...	N. 1	0,75	5,5	—0,5	124,7
15	722,90	— 2,15	719,17	725,21	+ 8,50	+ 3,87	+ 5,3	+11,7	745	— 9	600	850	1,4	2	calme	0,68	5,8	—0,3	124,0
16	713,71	—11,30	711,56	718,64	+ 7,80	+ 3,05	+ 3,0	+13,1	716	— 35	580	810	...	...	SW. 1	0,98	...	.....	122,0
17	713,01	—11,95	711,40	714,42	+ 5,21	+ 0,33	+ 3,5	+ 8,0	770	+ 21	740	820	8,6	9	variable	1,00	6,2	0,0	121,0
18	709,98	—14,94	707,36	713,14	+ 5,30	+ 0,30	+ 2,9	+ 7,7	736	— 11	630	820	...	...	N. 1	0,98	5,9	—0,4	117,6
19	710,79	—14,09	708,08	714,11	+ 6,12	+ 0,99	+ 0,8	+11,5	569	—175	380	680	...	...	N. 1	0,45	6,0	—0,3	117,5
20	715,92	— 8,92	714,18	718,43	+ 5,70	+ 0,44	+ 1,1	+12,4	595	—147	370	810	...	...	variable	0,97	6,0	—0,4	118,5
21	718,48	— 6,33	717,48	720,50	+ 6,16	+ 0,78	+ 1,6	+ 9,3	546	—194	380	720	...	...	variable	0,43	6,0	—0,5	120,5
22	723,85	— 0,92	720,73	727,45	+ 7,23	+ 1,72	+ 2,5	+13,4	512	—226	270	670	...	...	SSW. 1	0,68	6,3	—0,2	117,0
23	726,65	+ 1,91	724,79	727,73	+ 8,05	+ 2,41	+ 0,4	+13,7	453	—282	280	640	...	...	SSW. 1	0,57	...	.....	116,2
24	721,26	— 3,45	716,13	725,05	+10,49	+ 4,72	+ 7,1	+15,0	559	—174	450	710	2,0	4	SSW. 1	0,98	6,6	—0,1	115,0
25	715,15	— 9,53	711,96	721,38	+ 6,60	+ 0,70	+ 3,2	+10,7	797	+ 66	690	900	23,9	22	S. 1	1,00	6,4	—0,3	116,5
26	727,68	+ 3,03	721,70	732,25	+ 6,99	+ 0,96	+ 3,6	+12,3	668	— 61	430	840	...	...	N. 1	0,32	6,5	—0,3	111,0
27	733,17	+ 8,54	732,18	734,21	+ 7,45	+ 1,28	+ 0,5	+15,0	609	—118	300	820	...	...	N. 1	0,02	6,8	—0,1	111,5
28	732,11	+ 7,51	730,62	733,60	+ 7,95	+ 1,65	+ 2,2	+13,3	656	— 69	500	810	...	...	N. 0	0,32	6,5	—0,5	111,6
29	729,77	+ 5,19	727,86	731,27	+10,47	+ 4,04	+ 4,0	+17,0	619	—104	450	780	...	...	N. 0	0,00	7,5	+0,5	111,5
30	727,16	+ 2,60	725,36	728,56	+11,44	+ 4,88	+ 4,0	+18,3	542	—179	280	760	...	...	N. 1	0,12	...	.....	111,5
31	725,33	+ 0,78	724,05	726,25	+11,41	+ 4,71	+ 4,5	+18,2	539	—180	340	730	...	...	N. 1	0,12	8,5	+1,3	111,5
Mois	724,31	— 0,72			+ 4,73	+ 0,13			621	—133						0,54	5,49	—0,63	119,86

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,83	725,62	726,16	726,26	725,88	725,41	726,24	726,87
2e »	722,15	721,59	721,72	721,84	721,00	720,45	720,70	720,68
3e »	725,39	725,29	725,86	725,98	725,40	724,80	725,39	725,96
Mois	724,48	724,20	724,63	724,73	724,13	723,59	724,15	724,55
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 2,78	— 3,53	— 3,42	— 0,32	+ 2,31	+ 2,42	+ 0,20	— 1,11
2e »	+ 3,65	+ 3,14	+ 3,21	+ 6,66	+ 9,32	+ 9,65	+ 7,06	+ 5,48
3e »	+ 6,10	+ 4,79	+ 4,93	+ 9,72	+12,00	+12,51	+10,22	+ 8,27
Mois	+ 2,44	+ 1,57	+ 1,68	+ 5,49	+ 8,01	+ 8,33	+ 5,97	+ 4,34
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	670	706	740	539	471	459	619	618
2e »	745	779	784	646	534	555	647	699
3e »	695	745	754	529	415	446	509	634
Mois	703	743	759	570	472	485	589	650

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	— 4,71	+ 3,67	+ 3,87	0,51	0,2	124,72
2e »	+ 1,43	+ 11,24	+ 5,63	0,72	10,0	121,46
3e »	+ 3,05	+ 14,20	+ 6,79	0,41	25,9	113,98
Mois	+ 0,03	+ 9,85	+ 5,49	0,54	36,1	119,86

Dans ce mois l'air a été calme 31,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 2,05 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 9°,2, E. et son intensité est égale à 23,4 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1890

Le 4, forte bise depuis 4 h. du soir.
5, très forte bise pendant tout le jour ; légère neige de 4 h. à 7 h. du soir ; brouillard depuis 10 h. du soir.
6, très forte bise pendant tout le jour ; brouillard jusqu'à 7 h. du matin, à 4 h. et depuis 10 h. du soir ; légère neige dans la journée.
7, brouillard jusqu'à 1 h. du soir.
8, brouillard par un fort vent depuis 10 h. du soir.
9, fort vent jusqu'à 10 h. du matin ; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; forte bise depuis 10 h. du soir.
12, fort vent depuis 4 h. du soir.
13, fort vent à 10 h. du matin ; brouillard depuis 7 h. du soir.
14, légère neige à 7 h. du matin ; brouillard à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
15, brouillard pendant tout le jour ; fort vent de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
16, violent vent pendant tout le jour ; brouillard jusqu'à 4 h. du soir, puis neige.
17, fort vent jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir ; neige de 1 h. à 4 h. du soir, puis brouillard.
18, fort vent jusqu'à 4 h. du soir.
19, neige jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir ; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
20, forte bise jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir ; brouillard depuis 10 h. du soir.
21, neige jusqu'à 7 h. du matin.
23, neige jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; brouillard de 1 h. à 4 h. du soir.
24, neige jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir ; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir ; fort vent depuis 10 du soir.
25, très fort vent jusqu'à 4 h. du soir.

Remarque. — Le mouvement d'horlogerie du barographe s'est arrêté, et a dû être retourné à Genève pour réparations. Toutes les observations barographiques manquent ; les valeurs de 1 h. et de 4 h. du matin ont été interpolées suivant la méthode déjà exposée, tandis que les minima et les maxima ont été pris parmi les extrêmes des 6 observations diurnes directes et des deux valeurs interpolées pour 1 h. et 4 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm
Le 1er à 2 h. matin	552,15
4 à 10 h. matin	560,02
7 à 1 h. soir	561,06
11 à 7 h. soir	571,12
23 à 7 h. soir	562.68
28 à 10 h. matin	571,76

MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	548.34
5 à 4 h. soir	553,43
9 à 7 h. matin	557,84
19 à 4 h. matin	547,15
25 à 10 h. matin	553.25

SAINT-BERNARD. — MARS 1890.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	551,07	— 8,62	550,13	552,15	—23,36	—15,13	—26,4	—20,6	.....	.....	....	NE. 1	0,12
2	549,09	—10,59	548,34	550 26	—24,14	—15,97	—25,8	—21,2	.....	.....	....	NE. 1	0,17
3	554,75	— 4,93	551,11	558,86	—19,66	—11,55	—24,3	—14,8	.....	.....	....	SW. 1	0,18
4	558,88	— 0,79	557,54	560,02	—13,32	— 5,27	—20,0	— 7,0	.....	.....	....	NE. 2	0,00
5	554,56	— 5,11	553,43	556,67	—15,32	— 7,33	—17,5	—10,0	.....	.....	....	NE. 2	0,83
6	557,05	— 2,61	554,70	559,24	—11,07	— 3,15	—16,4	— 8,4	.....	.....	....	NE. 2	0,98
7	560,39	+ 0,73	559,38	561,06	— 7,79	+ 0,06	—12,4	— 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,48
8	559,48	— 0,18	558,92	560,53	— 7,57	+ 0,21	— 9,5	— 5,0	.....	.....	....	SW. 1	0,42
9	558,55	— 1,12	557,84	559,91	— 8,27	— 0,56	—10,8	— 3,0	.....	.....	....	variable	0,78
10	563,84	+ 4,17	560,67	567,88	—11,59	— 3,95	—14,0	— 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
11	570,03	+10,35	568,47	571,12	— 3,57	+ 3,99	—10,0	— 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,08
12	570,20	+10,51	569,48	570,83	— 0,26	+ 7,22	— 3,4	+ 2,7	.....	.....	....	SW. 2	0,23
13	566,54	+ 6,84	564,25	568,90	— 2,19	+ 5,21	— 6,2	+ 1,8	.....	.....	....	SW. 1	0,60
14	563,62	+ 3,91	563,03	564,00	— 5,64	+ 1,68	— 6,2	— 3,8	.....	.....	....	SW. 1	1,00
15	562,14	+ 2,41	560,72	563,08	— 5,64	+ 1,59	— 6,2	— 4,0	.....	.....	....	SW. 2	1,00
16	554,93	— 4,82	552,71	558,91	— 6,49	+ 0,65	— 6,6	— 3,8	100	14,0	....	SW. 3	1,00
17	551,68	— 8,09	551,11	552,42	— 5,77	+ 1,28	— 8,4	— 3,0	120	16,0	....	SW. 2	0,93
18	549,07	—10,72	547,39	551,26	— 7,91	— 0,95	— 9,2	— 6,0	.....	.....	....	SW. 2	0,37
19	549,05	—10,77	547,15	551,61	— 9,01	— 2,14	—11,8	— 5,7	120	8,7	....	SW. 1	1,00
20	551,89	— 7,96	550,96	553,60	— 9,11	— 2,34	—10,8	— 6,8	.....	.....	....	NE. 2	0,55
21	554,78	— 5,10	553,60	556,74	— 8,14	— 1,47	—10,2	— 5,0	40	1,3	....	SW. 1	0,78
22	558,87	— 1,04	557,14	561,00	— 8,06	— 1,49	—11,7	— 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0,05
23	562,07	+ 2,13	561,34	562,68	— 5,49	+ 0,98	—10,6	— 0,6	160	10,2	....	NE. 1	1,00
24	559,65	— 0,33	557,39	561,73	— 5,91	+ 0,46	— 7,1	— 3,0	200	14,5	....	SW. 1	1,00
25	554,52	— 5,50	553,25	556,58	— 6,01	+ 0,25	— 7,6	— 3,2	.....	.....	....	SW. 3	0,38
26	562,91	+ 2,85	558,12	567,30	— 5,94	+ 0,22	— 7,6	— 2,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
27	570,16	+10,06	568,06	571,57	+ 1,74	+ 7,79	— 6,6	+ 6,0	.....	.....	....	SW. 1	0,03
28	571,42	+11,27	571,14	571,76	+ 4,66	+10,60	+ 0,8	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
29	569,61	+ 9,41	568,89	570,86	+ 3,49	+ 9,32	— 1,0	+ 8,3	.....	.....		SW. 1	0,00
30	567,18	+ 6,93	566,40	568,43	+ 2,43	+ 8,15	— 2,2	+ 9,2	.....	.....		NE. 1	0,05
31	564,78	+ 4,48	564,24	565,94	+ 0,58	+ 6,18	— 3,0	+ 4,0	.....	.....		NE. 1	0,03
Mois.	559,77	+ 0,06			— 7,24	+ 0,08							0,45

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1890.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	556,25	555,98	556,16	556,67	556,91	556,97	557,40	557,77
2e » ...	559,65	558,99	558,77	559,14	558,78	558,57	558,83	558,59
3e » ...	563,00	562,69	562,83	563,20	563,31	563,30	563,84	563,98
Mois	559,74	559,33	559,37	559,78	559,78	559,73	560,15	560,24

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	−15,86	−13,77	−11,87	−12,33	−14,12	−14,67
2e » ...	− 6,52	− 4,64	− 3,70	− 4,29	− 5,55	− 6,01
3e » ...	− 4,42	− 0,97	+ 1,04	− 0,38	− 3,35	− 3,80
Mois	− 8,79	− 6,25	− 4,65	− 5,50	− 7,54	− 8,02

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	0	0		mm	mm
1re décade...	−17,71	−10,32	0,40	—	—
2e » ...	− 7,88	− 2,98	0,68	38,7	34,0
3e » ...	− 6,07	+ 1,93	0,30	26,0	40,0
Mois	−10,41	− 3,61	0,45	64,7	74,0

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,93 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 4,8 sur 100.

LE

GRAIN DU GLACIER

PAR

M. Ed. HAGENBACH

Avec planche XI.

Depuis 1880, en partie seul, en partie en collaboration avec mes amis MM. les professeurs F.-A. Forel et A. Heim, j'ai examiné la glace de différents glaciers, principalement dans l'Oberland bernois et le Valais, et j'ai aussi fait quelques expériences sur la glace dans le laboratoire. Au cours de ce travail, je me suis formé des idées précises sur la constitution et la formation de la glace de glacier. Ces vues se sont encore éclaircies, grâce à une correspondance avec M. le prof. Mousson qui, comme on le sait, a tant contribué à élucider cet intéressant phénomène en apportant à l'étude des glaciers des notions physiques bien claires. Dans ce qui suit, je résumerai l'essentiel du sujet ; la plus grande partie a déjà été publiée précédemment par moi, par fragments souvent plus détaillés[1].

On sait que la glace prise dans les profondeurs du glacier est parfaitement claire et transparente, et représente

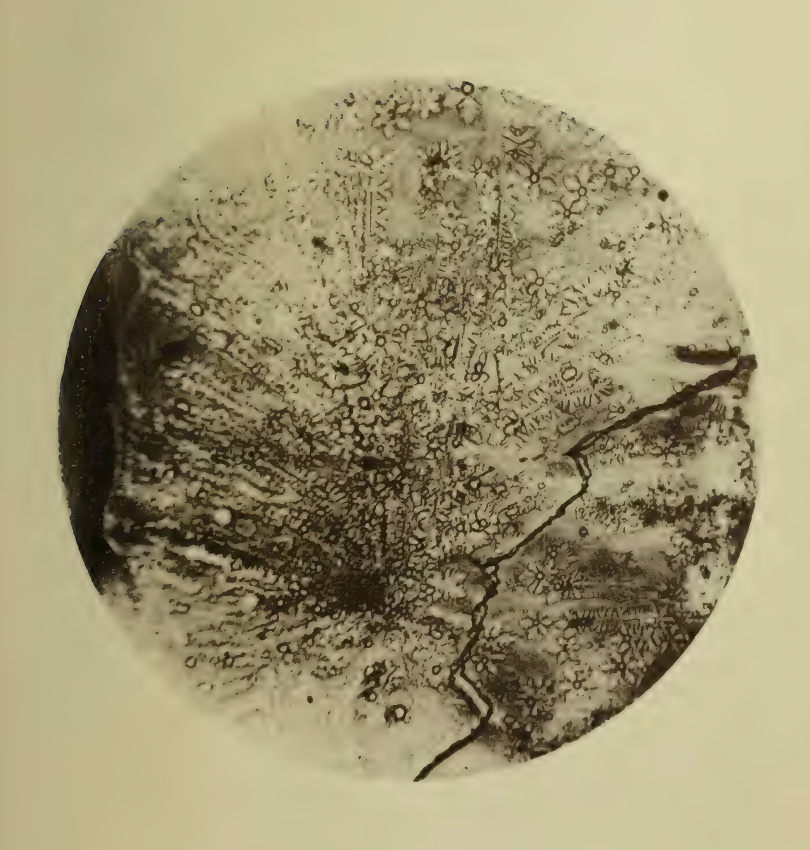
[1] *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, t. VII, p. 192, et VIII, p. 821.

à l'œil un corps tout à fait homogène. Si on la frappe, elle se comporte aussi comme une masse de verre amorphe vis-à-vis de l'action mécanique du marteau, et présente une cassure conchoïde. Cependant, si l'on fait fondre un morceau de cette glace au soleil, il ne tarde pas à se produire des surfaces de clivage dans l'intérieur et la glace se désagrège en fragments isolés, gros et petits, auxquels on a donné le nom de *grain de glacier*.

Que sont ces grains? C'est la question à laquelle nous cherchons à répondre dans ce travail.

Chaque grain de glacier constitue un cristal distinct. Le bloc, qui paraissait parfaitement homogène, n'a donc pas, malgré cela, la même structure qu'un morceau de verre amorphe; il forme au contraire une masse cristalline grenue, comme le marbre, mais chaque grain a souvent des dimensions très considérables, et surtout dans les parties inférieures du glacier. Ces grains sont parfois plus gros que le poing et ils sont si intimement soudés que leurs surfaces de contact sont tout à fait invisibles avant la fusion aux rayons du soleil.

Au point de vue de la structure grenue, la glace du glacier n'est pas essentiellement différente de la glace lacustre qui se forme en hiver sur les surfaces d'eaux tranquilles et que l'on conserve en grandes quantités dans nos glacières. A basse température, la glace des lacs a aussi l'aspect d'une masse vitreuse homogène, mais un examen plus attentif révèle sa structure cristalline, et les parties qui la constituent s'isolent lorsqu'on l'expose à la chaleur du soleil. Mais elle a une structure fibreuse et ses parties élémentaires sont non des grains, mais des prismes dont les axes sont perpendiculaires à la surface de l'eau congelée. Mais ils sont chacun, comme les



Phototypie Besson.

grains du glacier, des cristaux distincts, et on peut en trouver quelquefois des individus mesurant 10 et jusqu'à 15 centimètres de largeur[1].

Il y a deux moyens qui permettent de reconnaître très nettement que les parties qui constituent la glace sont des cristaux :

1° *L'examen des morceaux dans la lumière polarisée.* Tous les phénomènes de polarisation des cristaux à un axe positif, tant en lumière parallèle qu'en lumière convergente, se manifestent de la façon la plus parfaite dans ces cristaux de glace. Comme il est exceptionnellement facile de tailler dans ces matières, au moyen d'une lame de scie ou de couteau chauffée, des lames à faces planes et parallèles dans telle direction que l'on désire, et de les polir ensuite sur une plaque de métal ou de verre, ou même à la chaleur de la main, les expériences peuvent être exécutées d'une manière très simple et complète, non seulement dans les laboratoires, mais aussi sur place, sur le glacier même. On peut, par ces expériences, déterminer la direction des axes optiques dans chaque cristal.

2° *Par les figures de fusion de Tyndall.* Si l'on fait tomber sur un cristal de glace, directement ou à travers une lentille de concentration, les rayons solaires ou ceux d'une lampe électrique, il y a fusion dans l'intérieur du cristal. Les espaces fondus, déjà bien visibles à l'œil nu, sont cependant plus faciles à reconnaître si on les observe à la loupe ou si on les projette, agrandis, contre un écran. Ils offrent des figures fines et aplaties qui sont renfermées

[1] Voyez Thomas H. Holland, The crystallization of lake ice, *The Nature,* vol. 39, p. 295.

entre deux plans parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe optique. Vues par en haut (c'est-à-dire dans la direction de l'axe) ces figures ont tantôt la forme d'un cercle, tantôt celle d'une étoile à six branches tout à fait analogue aux cristallisations de la neige. Ordinairement, au début de la fusion se produit la forme circulaire, et celle-ci, peu à peu, par des renflements, tend à prendre la forme étoilée. J'ai constaté que dans la glace des glaciers la forme ronde est plus fréquente et persiste même pour des figures d'assez grandes dimensions, tandis que dans la glace des lacs les figures prennent plus vite la forme étoilée. Comme l'eau liquide n'occupe que les $^9/_{10}$ de l'espace qu'occupait la glace avant la fusion, il se produit de petites vacuoles qui ont l'aspect de bulles d'air et qui présentent un grand éclat sous des incidences obliques, à cause de la réflexion totale. Il est facile de constater que ce sont des espaces vides et de les distinguer des bulles d'air qui se présentent fréquemment dans la glace des glaciers. On n'a qu'à placer un fragment de glace qui renferme une de ces vacuoles dans de l'eau ou du pétrole et à le laisser fondre. Si la cavité contient de l'air, on voit monter une petite bulle à travers le liquide, si la cavité est vide d'air, elle disparaît au contraire tout à coup.

Les figures de fusion peuvent donc aussi bien servir à la détermination des axes optiques que les expériences de polarisation. On peut reconnaître très exactement le plan des figures de fusion en faisant réfléchir contre elles la lumière solaire, et ainsi on constate que les plans de toutes les figures dans un même cristal sont tout à fait parallèles. C'est là une preuve évidente de la structure régulière du cristal.

Les figures de fusion ont encore sur le procédé optique cet avantage de donner la position de l'axe secondaire. Nous avons étudié la chose surtout sur diverses lames de glace lacustre que nous avons placées, suivant le procédé de Tyndall, dans le champ de la lampe électrique, de telle façon que ses rayons fournissaient la chaleur nécessaire pour produire les figures par fusion, et la lumière des mêmes rayons projetait sur un écran l'image agrandie des figures. On pouvait alors les photographier au moment où elles se produisaient. Sur la planche XI, on voit la reproduction d'une photographie ainsi obtenue. La figure est environ dans le rapport de 8 : 5 avec la grandeur réelle de la plaque de glace.

On voit dans cette figure d'une façon très nette le plan de macle des deux cristaux, qui était invisible auparavant et que la fusion a révélé. Des deux côtés de ce plan sont distribuées les étoiles, tout à fait régulières, avec leurs rayons égaux en longueur et faisant les mêmes angles. Les cristaux sont maclés de façon que leurs axes principaux sont parallèles entre eux et perpendiculaires à la surface polie. En se servant d'une règle on peut constater le fait suivant : Dans chaque cristal pris individuellement, les rayons des étoiles parallèles à l'axe secondaire sont dans des directions parallèles entre elles. Tandis que si l'on compare un cristal au voisin, il se produit un changement de direction d'environ 25°. Nous pouvons en conclure que les grains ou les prismes produits par la désagrégation de la glace sont des cristaux régulièrement constitués aussi sous le rapport des axes secondaires, et deux cristaux dont les axes principaux sont parallèles, mais dont les axes secondaires font un angle, peuvent être discernés nettement comme deux individus différents, quand le dégel vient à les séparer.

J'ai examiné la glace de beaucoup de glaciers, prise à des hauteurs très différentes, et l'ai soumise à la méthode de polarisation et à celle des figures de fusion. J'ai eu ainsi la preuve que les axes des cristaux sont orientés d'une façon tout à fait arbitraire et dans toutes les directions imaginables. On ne peut trouver aucun rapport quelconque entre la position relative des axes d'un grain à un autre, ni entre la position des axes relativement à la direction de la pesanteur, du mouvement ou de la pression du glacier.

La glace des lacs se comporte tout autrement. Au début du gel, il se forme, à partir du rivage, des cristaux isolés qui s'étendent en forme de côtes. Leurs axes sont parallèles à la surface de niveau de l'eau. Mais quand la croûte de glace vient à se fermer, grâce à la production de cristaux plus larges, et qu'elle gagne en épaisseur, cette congélation plus générale est formée par des cristaux dont l'axe principal est vertical. Les gros blocs de glace extraits de la croûte consistent presque entièrement en cristaux maclés ayant leur axe principal vertical, et ce n'est qu'exceptionnellement que se montrent quelques cristaux dont l'axe est horizontal ou oblique.

Il faut remarquer pourtant qu'il se produit fréquemment sur les cristaux pris individuellement de petites déviations de la position verticale absolue. Aussi les axes ne sont pas toujours tout à fait parallèles dans les macles de cristaux prismatiques de glace lacustre. Cela se voit quand on introduit dans l'appareil de polarisation à lumière convergente une lame à faces taillées parallèlement à la surface de l'eau gelée. L'image des anneaux à croix noire est rejetée souvent brusquement de côté au moment où une surface de macle passe dans le champ de l'appareil.

On peut se demander quel est le mode de formation de cristaux atteignant souvent des proportions si considérables. Sur les lacs où souvent en une seule nuit il se forme une épaisse couche de glace, nous avons toutes raisons de penser que ces gros cristaux se forment sans intermédiaire de l'état liquide à l'état solide. Il en est tout autrement dans la glace des glaciers où évidemment le grain s'accroît peu à peu pendant un temps très long.

On trouve les plus gros grains dans la partie inférieure des glaciers, et surtout des grands glaciers et de ceux qui s'écoulent avec une grande lenteur. Plus on s'élève sur le glacier plus le grain devient petit. Il passe par tous les degrés de grosseur jusqu'à celle qu'il a sur le névé, et on peut encore suivre toutes les formes de passage entre le grain du névé et la neige fraîchement tombée. Aussi quelqu'un qui s'est familiarisé avec la nature de la glace des glaciers et ses états différents suivant les hauteurs, en vient à se demander si les cristaux de neige ne seraient point les matériaux dont se forme la glace, homogène au premier aspect, mais, en réalité, grenue des glaciers, et cela grâce à un mode d'accroissement de certains cristaux aux dépens des voisins sous l'influence de la pression.

Nous allons montrer d'un peu plus près comment nous pouvons nous représenter ce développement, et comment il peut être expliqué par l'effet des forces physiques connues.

La neige fraîchement tombée consiste en petits cristaux, qui sont maclés en forme des figures si connues de la neige. Sur ces fleurs de neige on peut voir facilement avec un microscope polarisant les couleurs de polarisation de chaque élément cristallin. Si l'on observe sans

grossissement, les couleurs se résolvent en un blanc neutre uniforme. Quand la neige reste quelque temps sur le sol, elle devient grenue. Cela provient d'un accroissement des cristaux et ceux-ci deviennent bientôt si gros que, sans l'emploi d'un grossissement, on peut distinguer en lumière polarisée parallèle, les couleurs, qui dépendent de la direction des axes principaux orientés en tous sens.

Après quelques semaines quelques-uns de ces petits cristaux ont pris un accroissement tel que en les plaçant dans une direction convenable et dans la lumière polarisée convergente, on verra les anneaux colorés à croix noire.

L'accroissement des cristaux, tant que la neige est tendre, peut s'expliquer par l'eau de fusion dont elle est imprégnée. Mais bientôt il se forme une masse grenue compacte dans laquelle l'accroissement du grain ne peut plus se produire que par l'absorption des molécules des petits cristaux dans les gros. Cet échange est favorisé par la pression. On peut s'en convaincre en comprimant de la neige fraîche. Dans la masse gelée ainsi obtenue on trouve déjà après quelques heures des grains présentant les anneaux et la croix de l'appareil polarisant. Un pareil accroissement, constamment progressif du grain, peut être observé dans la nature sur une échelle plus grande. Si l'on compare les couches de neige de différentes saisons, surtout celles qui sont sur les sommets, où elles restent pendant des années, on trouve communément que c'est dans les plus profondes que le grain est le plus gros. Et dans les glaciers il est plus facile encore de constater cet accroissement graduel du grain qui passe par tous les échelons de grandeurs.

En haut dans le névé, les grains n'ont que quelques millimètres de diamètre; dans la partie supérieure du glacier ils ont déjà la grosseur d'une noisette; plus bas celle d'une noix, et dans les grands glaciers nous trouvons dans les régions inférieures des grains de la grosseur d'un œuf ou même de la tête d'un enfant. Mais il ne faut pas en conclure que pour chaque région particulière tous les grains ont la même grosseur. On trouve à côté des plus gros toujours de plus petits grains des différents degrés inférieurs, destinés sans doute à disparaître. On trouve souvent la glace à gros grains séparée par des tranches de glace à grain fin. La première est plus bleue, la seconde plus blanche surtout quand elle renferme des vésicules d'air. C'est là ce qui constitue la structure stratifiée du glacier. Dans ces cas-là la glace à grain fin est évidemment d'origine plus récente et provient probablement de neige qui est tombée dans des crevasses et qui a été entraînée dans le mouvement du glacier qui l'emprisonne. Le phénomène de la formation de grain n'est pourtant pas spécial aux glaciers, car on le voit se produire dans les glacières, les cavernes à glace et dans la glace formée artificiellement dans les calorimètres[1].

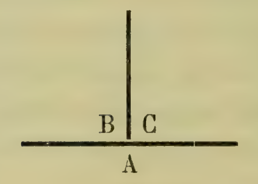
Il s'agit maintenant d'expliquer physiquement le mode d'accroissement du grain.

Il nous serait des plus faciles de venir parler ici de l'action des masses et d'en conclure qu'il en résulte que les plus gros cristaux attirent à eux les molécules des plus petits. Mais les forces moléculaires qui produisent

[1] Voyez Dr R. Emden, Sur la formation du grain du glacier. Compte rendu de la Soc. helv., à Lugano 1889. *Archives des Sc. phys. et nat.*, oct.-nov. 1889.

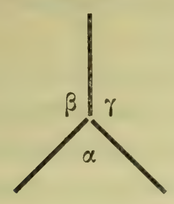
la cristallisation, n'agissent en tout cas pas à grande distance, de telle sorte que les molécules un peu distantes sont sans action, et il n'y a pas de raison d'attribuer au gros cristal, dans son ensemble, une force prédominante. Pour nous rendre compte du phénomène, il ne nous faut tenir compte que de l'action des molécules immédiatement voisines les unes des autres, et nous serons amenés aux considérations suivantes :

La cristallisation provient évidemment de ce que les molécules agissent les unes sur les autres par couple de forces et s'orientent dans certaines positions. Alors une molécule prise au milieu d'une série d'autres sera maintenue des deux côtés, tandis qu'une molécule située à l'extrémité d'une série n'est retenue que d'un côté. La première se trouve donc être dans un équilibre plus solide et plus stable que la seconde. Ainsi, par exemple, une molécule dans la région A de la figure ci-jointe est



dans un équilibre plus stable que les molécules situées dans les coins B et G. A la température de fusion le mouvement des molécules est grand et celles de la région B ou C tendront à passer à la position plus stable de A. Ou, en d'autres termes, le cristal s'accroîtra en A dans l'espace situé entre B et C, car il entraînera dans sa propre structure les molécules de B et C. Les molécules en

B et C tendront vers A tant que l'angle α sera plus grand que β ou γ.



Cette considération ne s'applique pas seulement à des angles plans, on peut l'étendre aux angles solides par lesquels se touchent les grains de glace à surface extérieure si irrégulière. Aux endroits où plusieurs grains se touchent, il se produira une recristallisation d'un cristal à un autre et toujours dans ce sens que les molécules des angles plus aigus, se détacheront et s'appliqueront contre les angles obtus. Il en résulte, comme le raisonnement suivant assez simple peut le montrer, que les gros grains s'accroissent aux dépens des plus petits.

Si nous divisons une surface plane en une sorte de mosaïque dans laquelle de petits polygones sont entourés de plus grands, les grands polygones auront les plus grands angles. Cela se voit clairement si l'on divise la surface en grands octogones réguliers avec des petits carrés dans les intervalles, ou bien en grands dodécagones avec des petits triangles entre deux. La même chose a lieu, quant à la proportion des angles avec la dimension des figures, aussi pour une subdivision irrégulière. On voit cela très bien sur ces mosaïques irrégulières qui se forment sur un vernis ou un émail qui se fendille, ou quand on fait une construction cyclopéenne avec des pierres irrégulières petites et grandes, et c'est précisément aussi l'aspect que présente la surface du glacier quand

l'insolation vient à manifester les limites de chaque grain. Dans tous ces cas les petits angles dominent dans les petits fragments qui remplissent les vides entre les grands.

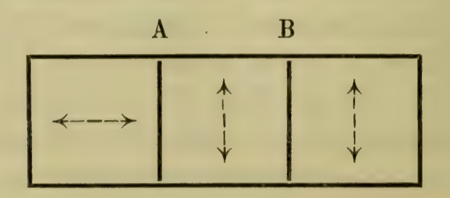
Cela provient de ce que les plus petits polygones ont en général un moins grand nombre de côtés et par conséquent de plus petits angles. Cette considération, admise pour une surface divisée en polygones, peut s'étendre à l'espace divisé en polyèdres. Donc, si les molécules tendent à passer des angles aigus aux angles obtus, il en résulte que peu à peu les plus gros grains s'accroîtront aux dépens des plus petits qui se trouvent compris entre eux. Exceptionnellement, il se peut que dans de petits grains il y ait de plus grands angles. Dans ces cas isolés, il peut arriver que des molécules passent d'un gros cristal dans un plus petit. Si seulement les molécules passent plus fréquemment d'un petit cristal dans un grand que d'un grand dans un petit, cela suffit parfaitement pour expliquer avec le temps la croissance des gros grains aux dépens des petits. Cette manière de concevoir le phénomène trouve une confirmation importante dans l'examen attentif des dessins réticulés que forment les lignes de séparation des grains à la surface des glaciers exposée au soleil. Là, on peut voir fréquemment comment le grand cristal à angle prédominant empiète entre deux petits cristaux voisins, ou encore comment de petits grains isolés remplissent les coins entre les grands, mais ce sont évidemment les restes qui vont eux-mêmes au-devant d'une disparition complète.

Il nous faut encore considérer de plus près la force qui produit l'adhérence des grains par leurs surfaces de contact. Nous avons déjà remarqué que la glace de gla-

cier qui n'a pas encore commencé à fondre a l'aspect d'une masse parfaitement homogène, qu'ainsi les faces terminales des divers grains ne sont pas visibles sans l'aide de la lumière polarisée, et que cette glace, lorsqu'on la frappe, donne une cassure écailleuse et ne tombe pas en fragments correspondant aux grains qui la constituent. Les surfaces de cassure traversent la masse tout à fait indépendemment des surfaces de macle des cristaux. Nous pouvons en conclure que les molécules appartenant aux faces de contact de deux cristaux adhèrent avec autant de force entre elles que celles dans l'intérieur d'un cristal. Il importait de rechercher si artificiellement il est possible de souder ensemble des cristaux de glace assez intimement pour que la masse paraisse homogène d'aspect. Les journées froides de décembre 1887 ont fourni sur les eaux dormantes de la glace extraordinairement belle; j'employai cette dernière à faire avec M. le prof. *A. Heim* une série d'expériences sur la fusion et le regel de la glace. C'était pour déterminer quelle influence la position respective des axes des cristaux soumis à l'expérience pouvait avoir sur le résultat du regel. On fit ces expériences sur des cubes et des plaques de glace que l'on taillait dans des blocs avec une scie chauffée. Comme dans la glace formée sur les eaux tranquilles les axes cristallographiques sont en général perpendiculaires à la surface du niveau, on pouvait présumer à simple inspection la direction des axes. Pour plus de sûreté, on contrôla cette direction chaque fois avec l'appareil de polarisation. Le regel des cubes ou des plaques s'effectua dans un espace dont la température était de peu de degrés supérieure à 0°. On polit d'abord les surfaces sur des plaques métalliques planes, d'abord sur une chaude puis sur une seconde à la température du local; puis on plaça

les plaques l'une sur l'autre de façon qu'aucune trace d'air ne se trouvât emprisonnée entre deux : on atteint ce but en frottant et glissant l'une contre l'autre les plaques. Les cubes ainsi posés l'un sur l'autre furent placés sous une presse à vis que l'on serrait et desserrait alternativement. Après plusieurs heures, le regel était complet et souvent à tel point que l'œil nu ne pouvait plus distinguer les soudures. Pour expérimenter ensuite la solidité ou l'adhérence des soudures par regel, on plaça, d'après le procédé imaginé autrefois par *Heim*, les cubes regelés entre les plateaux d'une presse hydraulique de façon que les soudures fussent perpendiculaires aux plateaux, soit dans le sens de la pression, puis on exerçait une pression croissante.

Si l'on faisait l'expérience dans un local au-dessus de zéro, les premières fentes se produisaient en général sous l'effet de la pression suivant les surfaces de regel. On pouvait en conclure que dans ces surfaces de soudure la cohésion était moindre que dans l'intérieur du cristal. En outre, il se produisait une petite différence sous le rapport de la solidité des soudures suivant que les axes principaux étaient parallèles ou qu'ils faisaient un angle entre eux, en ce sens que dans le premier cas (soudures à axes parallèles) la solidité était un peu plus grande. Cette différence se manifeste le mieux quand les trois cubes à soumettre au regel sont placés sous la presse dans la position qu'indique le schéma ci-contre :



Même lorsqu'on laissait le bloc sans le mettre sous presse, mais en ne le supportant que par le cube du milieu et en le laissant exposé à l'air chaud, c'était le cube de gauche qui se détachait le premier, suivant la surface A de séparation, et quelques temps après une seconde fissure se produisait en B.

Le résultat est tout autre quand les morceaux unis par le regel ont été exposés à une température inférieure à 0°, et quand les essais de résistance ont lieu dans un local au-dessous du point de congélation. Dans ce cas, les fentes se produisaient, sous l'action de la presse, dans le sens de la pression, partout à travers la masse et sans liaison aucune avec les surfaces de regel. Nous concluons de ces expériences ce qui suit. Le regel de deux blocs de glace, lorsqu'il est bien exécuté, est parfait et tout à fait indépendant des positions respectives des axes principaux ; c'est-à-dire se produit de telle sorte que la cohésion dans les plans de soudure est tout aussi forte que dans l'intérieur du cristal. Par l'effet de la chaleur, cependant, c'est sur ces plans de soudure que commence à s'affaiblir la cohésion, et même un peu plus tôt dans le cas où les axes principaux sont perpendiculaires ou inclinés les uns sur les autres que lorsqu'ils sont parallèles. Nous pouvons donc dire que les plans de soudure par congélation de deux cristaux que l'on comprime artificiellement se comportent exactement comme les soudures de deux cristaux formés sur un lac ou un glacier. Le fait que la glace des lacs ne se résout pas aussi facilement que celle des glaciers, sous l'effet du soleil, en cristaux séparés, s'explique par l'expérience et par le raisonnement : tous deux montrent en effet que des cristaux soudés parallèlement à leurs axes se sépareront moins vite par la fusion

que des cristaux dont les axes sont inclinés les uns sur les autres.

Les vues qui viennent d'être développées montrent que la formation et l'accroissement du grain du glacier ne sont pas une conséquence de son mouvement : car, dans de la glace tout à fait immobile, il peut se produire des grains et ces grains peuvent s'accroître. Mais, néanmoins, le grain a une relation avec le mouvement du glacier, et nous devons encore éclaircir comment les grains intimement soudés ensemble se comportent vis-à-vis du mouvement de translation du glacier. En d'autres termes, comment trouverons-nous dans la structure grenue du glacier, telle que nous l'admettons, la plasticité nécessaire pour l'écoulement de la masse glaciaire?

Des expériences faites par plusieurs naturalistes et aussi par moi, il semble résulter qu'un individu d'un cristal de glace, surtout dans le voisinage du point de fusion, possède une certaine plasticité, comme le sel gemme. Mais elle ne peut presque pas jouer de rôle dans les déformations dues à son mouvement, car l'étude optique des grains isolés ne dévoile aucune déformation essentielle sous le rapport des axes optiques. Il est bien possible, mais nullement démontré, que des déplacements moléculaires se produisent lors du glissement dans le sens du plan des axes secondaires; c'est à cela peut-être que tient le fait que les axes secondaires se manifestent moins nettement par les figures de fusion sur la glace des glaciers que sur celle des lacs. La cause principale qui explique la plasticité nécessaire pour le mouvement, nous devons la chercher dans les faces de soudure des cristaux ou du moins dans les phénomènes qui s'y produisent. Et c'est encore le regel qui nous permettra de trouver la solution de la question.

Imaginons une plaque de glace consistant en cristaux différents réunis et formant une couche, et admettons, pour simplifier, que tous les cristaux soient des cubes ayant la même orientation et l'épaisseur de la plaque de glace. Comment pouvons-nous nous représenter qu'une telle plaque se déforme sans que l'adhésion des cristaux soit supprimée? Si on cherche à courber la plaque en lui appliquant une force extérieure, il se produira une compression du côté concave et une tension du côté convexe entre les cristaux. En outre, si la plaque se trouve à la température de fusion, la pression abaisse le point de fusion du côté concave et produit une liquéfaction aux endroits des soudures. Du côté convexe, l'extension ouvrira en fentes les soudures, et ainsi l'eau liquéfiée du côté concave s'introduira dans les fentes du côté convexe. Cette eau ne manquera pas de se congeler aussitôt qu'aura cessé la pression. Il en sera de même que dans l'expérience connue dans laquelle on fait passer un fil chargé d'un poids à travers un bloc de glace, la glace fondant sans cesse sous la pression du fil et regelant au-dessus. Dans notre plaque, sous l'effet de la force qui la fait gauchir, il y a transport de glace par les surfaces de soudures du côté concave au côté convexe, et la plaque prend ainsi une courbure permanente. En outre, les grains cubiques changent de forme : ils s'élargissent du côté convexe et se rétrécissent du côté concave. Dans la nature, les grains soudés n'ont pas la forme régulière de cubes, mais une forme très irrégulière. Sous l'action de forces de flexion, la pression et l'expansion se répartiront très irrégulièrement sur les soudures. Mais, encore dans ces conditions, des particules de glace passant à l'état liquide se transporteront du côté de la pression vers celui

de l'expansion et il en résultera que, grâce à une compensation constante entre les différences de pression et d'expansion à l'intérieur, un changement se produira dans la configuration générale de la masse.

Dans ce phénomène, il se produit une sorte de roulement des grains les uns sur les autres, et cela explique en partie la forme des grains, qui sont très souvent articulés ou emboîtés.

Dans ce qui précède, nous croyons avoir exposé l'origine, la manière d'être, la croissance et la forme du grain du glacier, en nous basant sur des observations variées sur le glacier même et sur diverses expériences sur la glace. Nous croyons avoir aussi expliqué les points essentiels du phénomène par l'effet de forces physiques connues. Mais, maintenant, il reste à confirmer et à compléter ces notions dans leurs détails par un aussi grand nombre d'observations possibles faites sur place. J'abandonne avec plaisir cette tâche à de plus jeunes chercheurs, qui peuvent allègrement visiter les glaciers, les gravir jusqu'à leur sommet ou descendre jusque dans leurs profondes crevasses.

Bâle, avril 1890.

SUR LA THÉORIE
DES
INTERFÉRENCES DE L'ONDE ÉLECTRIQUE
PROPAGÉE DANS UN FIL CONDUCTEUR
ET DU RÉSONATEUR[1]

PAR

M. L. DE LA RIVE

I. Réflexion aux extrémités.

La décharge électrique oscillatoire du vibrateur de Hertz, lorsqu'elle se propage dans un fil conducteur isolé à ses deux extrémités, donne lieu à des interférences de force électro motrice. Le fil tendu horizontalement est en contact par un bout avec une plaque métallique placée en regard d'une des capacités du vibrateur, et l'autre bout reste libre. L'étincelle du résonateur circulaire, dont le plan est maintenu normal à la direction du fil, offre des alternances d'intensité le long du fil assimilables aux nœuds et aux ventres de l'onde sonore dans un tuyau

[1] Sur la résonance multiple des ondulations électriques de Hertz le long de fils conducteurs par Ed. Sarasin et L. de la Rive. *Archives*, février 1890, t. XXIII, p. 113.

ouvert. Cette analogie implique la réflexion aux extrémités sans laquelle du reste les interférences ne peuvent pas s'expliquer. Je me propose d'appliquer au mouvement oscillatoire électrique la théorie de la réflexion multiple aux extrémités d'un tuyau sonore. C'est admettre l'hypothèse d'une onde électrique cylindrique propagée sans diminution d'intensité suivant l'axe du fil et sinusoïdale. Dans ce qui suit, la quantité qui est assimilée à la vitesse d'oscillation de la tranche de l'onde sonore est l'intensité de la force électro motrice exercée par l'élément du fil dans le plan normal au fil passant par cet élément.

Soit A le bout du fil à partir duquel l'onde initiale se propage, B l'autre bout ; l la longueur totale, x la distance entre le point considéré M et l'extrémité B, m et n les coefficients de réflexion aux deux bouts, r et s les retards produits par la réflexion, λ la longueur d'onde, τ la durée d'oscillation. La force électromotrice en A est $E \sin 2\pi t/\tau$, où E est une constante. Au point M considérons la résultante de l'onde initiale et de l'onde réfléchie une première fois en B dans l'hypothèse d'une réflexion sans changement de signe; elle est donnée par

$$Ea \sin 2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \Phi\right)$$

$$(1) \qquad a = \sqrt{1 + 2m\cos 2\pi(\varphi' - \varphi) + m^2}$$

$$(2) \qquad \operatorname{tang} 2\pi\Phi = \frac{\sin 2\pi\varphi + m \sin 2\pi\varphi'}{\cos 2\pi\varphi + m\cos 2\pi\varphi'}$$

et l'on a

$$\varphi' = \frac{l + x + r}{\lambda} \quad \varphi = \frac{l - x}{\lambda}$$

Considérons en second lieu la résultante de l'onde réfléchie une seconde fois en A et de l'onde réfléchie une troisième fois en B. Faisant $t = t + \Psi\tau$ et $\Psi = [2l + r + s]/\lambda$, l'amplitude reste la même que dans le cas précédent au coefficient près, *mn* ou μ, et Φ ne change pas. Redonnant à l'origine du temps sa première valeur, on voit que la seconde résultante diffère de la première par le facteur μ de l'amplitude et la constante Ψ ajoutée à la phase. En procédant de la même manière, on obtient une suite de résultantes partielles dont les phases sont Φ, $\Phi + \Psi$, $\Phi + 2\Psi$, etc., et les intensités [1] a, $a\mu$, $a\mu^2$, etc. On les compose en appliquant la règle ordinaire. La force totale est exprimée par

$$EA \sin 2\pi (t - \Phi_1)$$

Afin de simplifier faisons disparaître la phase Φ par un changement d'origine du temps; Φ_1 devient Ψ_1; A et Ψ_1 sont déterminés par

$$A \cos 2\pi\Psi_1 = a[1 + \mu \cos 2\pi\Psi + \mu^2 \cos 2\pi\, 2\Psi + \ldots\ldots]$$

$$A \sin 2\pi\Psi_1 = a[\mu \sin 2\pi\Psi + \mu^2 \sin 2\pi 2\Psi + \ldots\ldots]$$

Les séries des seconds membres ont des valeurs connues qui sont respectivement

$$\frac{1 - \mu \cos 2\pi\Psi}{1 - 2\mu \cos 2\pi\Psi + \mu 2} \quad \text{et} \quad \frac{\mu \sin 2\pi\Psi}{1 - 2\mu \cos 2\pi\Psi + \mu^2}$$

[1] Dans le cas des ondes sonores ou lumineuses l'intensité est évaluée par le carré de la vitesse de vibration, mais l'intensité électromotrice elle-même est exprimée par la variable dans l'onde électrique. C'est l'énergie qui est analogue à l'intensité lumineuse.

d'où résulte

$$(3) \qquad A = \frac{a}{\sqrt{1 - 2\mu \cos 2\pi\Psi + \mu 2}}$$

$$(4) \qquad \tang 2\pi\Psi_1 = \frac{\mu \sin 2\pi\Psi}{1 - \mu \cos 2\pi\Psi}$$

Revenant à l'origine initiale du temps, on a $\Phi_1 = \Psi_1 + \Phi$ et les équations (3) et (4) donnent la solution complète.

Les conséquences de ces formules sont les suivantes :

1° La valeur de A indépendamment du point considéré est maxima ou minima suivant que 2Ψ est un nombre entier pair ou impair et par conséquent suivant que $l + (r + s)/2$ est un nombre entier pair ou impair de fois $\lambda/4$.

2° Quelle que soit la valeur de Ψ, l'intensité pour les points M présente des maxima et des minima successifs, comme le montre l'équation (1) lorsque $2(\varphi' - \varphi)$ est un nombre entier pair ou impair. Remplaçant $2(\varphi' - \varphi)$ par sa valeur, on voit que pour les ventres $x = 2k\lambda/4 - r/2$, et pour les nœuds $x = (2k + 1)\lambda/4 - r/2$. Les ventres et les nœuds se succèdent à un quart de longueur d'onde à partir du premier nœud dont la distance à l'extrémité B est seulement $\lambda/4 - r/2$. Les intensités au ventre et au nœud sont proportionnelles à $1 + m$ et $1 - m$ et sont par conséquent peu différentes si m est une petite fraction.

De ces deux conséquences, la première n'a pas été jusqu'ici vérifiée[1] pour des fils dont la longueur est de plusieurs longueurs d'onde. Il faut remarquer que le rapport de

[1] *Archives*, loc. cit., p. 153.

l'intensité du maximum et du minimum de A de l'équation (3) est donné en faisant $m = n$ par $1 + m^2/1 - m^2$ quantité notablement plus petite que $1 + m/1 - m$, si m est une petite fraction. De plus, la comparaison des intensités par l'étincelle du résonateur, lorsque les intensités à comparer ne se succèdent pas immédiatement, offre encore d'assez grandes difficultés.

Les résultats expérimentaux sont conformes à la seconde conséquence[2]. La distance constante des nœuds et des ventres successifs permet de déterminer la valeur de λ. Le rapport $1 + m/1 - m$, en admettant que l'intensité soit proportionnelle à la longueur de l'étincelle, ce qui est admissible pour une longueur très petite, quelques centièmes de mm., se trouve être environ 3/2, valeur qui rend m égale à 1/5 et explique ainsi que le rapport $1 - m^2/1 + m^2$, égal à 24/26, ne puisse pas être évalué. La distance du premier nœud à l'extrémité donne pour la quantité $r/2$ une valeur qui paraît être proportionnelle à λ et à peu près $\lambda/10$.

Dans la démonstration de la formule, j'ai supposé que la réflexion à l'extrémité A se fait aussi sans changement de signe. Or le fil en A est en contact avec une plaque métallique d'une grande capacité et l'expérieuce a montré qu'une plaque semblable disposée à l'extrémité B donne lieu à une réflexion avec changement de signe, mais le retard s laissé implicite peut être supposé égal à $\lambda/2 + s$, ce qui laisse subsister les résultats énoncés. On peut en dire autant du retard r, et, en supposant en A une réflexion avec changement de signe, on obtiendra la transformation des nœuds du cas précédent en ventres et récipro-

[1] *Archives*, loc. cit., p. 141 et suivantes.

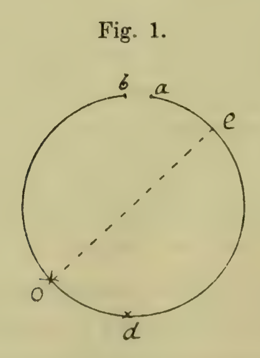
quement. Je n'insiste pas sur cette seconde confirmation de la théorie, parce qu'elle ne fournit pas jusqu'ici d'éléments nouveaux suffisamment précis sur l'ondulation électrique.

II. Résonateur.

Le résonateur est un fil conducteur dont les deux extrémités sont rapprochées l'une de l'autre de manière à donner lieu à une étincelle de la décharge oscillatoire qui s'y propage. On peut montrer que les conditions auxquelles le résonateur circulaire doit satisfaire d'après la théorie des réflexions multiples sont celles qui ont été trouvées par l'observation.

Soient *a* et *b*, dans la figure 1, les extrémités du résonateur. Une décharge oscillatoire ayant son origine en *o* se propage simultanément vers *d* et vers *b*, et il s'agit de déterminer la différence de potentiel aux points *a* et *b* d'où dépend la production de l'étincelle. Sans assimiler

Fig. 1.



la densité électrique sur la surface du conducteur à la force électromotrice, j'admets qu'elle est, comme cette der-

nière, oscillatoire avec la même periode, qu'elle se réfléchit sans changement de signe, et que les formules de la réflexion multiple lui sont par conséquent applicables. La différence de potentiel est proportionnelle à la différence de densité et la densité, propagée le long du résonateur comme s'il était rectiligne, donne lieu à des interférences à partir des extrémités avant que l'étincelle se produise. D'après ce qui précède, on voit que *a* et *b* sont des ventres, avec une diminution d'intensité à cause de la perturbation à l'extrémité, et que leurs densités sont liées l'une à l'autre par la distribution des nœuds intermédiaires le long du conducteur. Dans le cas actuel, la réflexion aux deux bouts est identique et par conséquent $m = n$, $\mu = m^2$, $s = r$. La plus petite valeur de l qui donne le maximum général de A est $\lambda/2 - r$, d'où résulte en faisant de plus $x = o$ dans les éq. (1), (2), (3),

$$(4) \qquad A = \sqrt{\frac{1 + 2m \cos \frac{2\pi r}{\lambda} + m^2}{1 - m^2}}$$

$$(5) \qquad \operatorname{tang} 2\pi\Phi = \frac{-\sin \frac{2\pi r}{\lambda}}{\cos \frac{2\pi r}{\lambda} + m}$$

Le numérateur de A est inférieur à $1 + m$ et Φ inférieur à $1/2$, valeurs correspondant à un point fictif à une distance $r/2$ au delà de l'extrémité. Dans ces conditions la densité de l'onde électrique possède en *a* l'intensité maxima dont elle est susceptible, et en *b* une intensité égale et de signe contraire. Il en est de même pour l'onde réflé-

chie une première fois en b et par conséquent, soit pour l'une soit pour l'autre, la différence cherchée est maxima. De plus les deux nœuds relatifs aux extrémités a et b coïncident en d où la densité est minima et cette superposition est la condition nécessaire d'un état électrique possible de maximum d'effet. On voit ainsi que la relation d'égalité trouvée entre le demi-périmètre du résonateur et la distance du premier nœud [1], c'est-à-dire $\lambda/4 - r/2$, s'explique par l'hypothèse des réflexions multiples.

Chacune des ondes donne donc en a et b des densités de différence maxima, mais il faut chercher à quelle différence donne lieu la résultante totale et quelle est l'influence de la position du point d'origine o [2]. Afin d'éclaircir la question, je commence par la simplifier en supposant deux ondes de même intensité partant du point

[1] Ed. Sarasin et L. de la Rive, loc. cit. p. 148.

[2] Je dois à M. A. Potier, dans une lettre relative à ce sujet, de m'avoir rappelé que l'on doit composer les deux ondes et indiqué sommairement la valeur de la résultante : « Je vois bien qu'une onde, partant de o vers d, donne naissance après réflexions multiples à un système permanent avec nœud en d, ventres en a et b; que l'onde, partant de o vers b donne le même résultat, et si je compare le résonateur à un tuyau, en appelant A l'amplitude au ventre du premier mouvement, B celle du second, x la distance d'un point au nœud d, je suis amené à la représenter par des expressions $A \sin 2\pi x/\lambda \sin 2\pi t/\tau$ et $- B \sin 2\pi x/\lambda \sin 2\pi (t/\tau - \varphi)$, la différence des phases φ dépendant de la position du point excitateur, si je traduis bien votre pensée; elle est nulle si ce point est le point d et va en croissant à mesure qu'il s'éloigne; la différence est $\varphi = 1/4$ dans la position ordinaire. Ces deux mouvements se superposent, je ne vois pas pourquoi vous les appelez indépendants; si $A = B$, ce qui paraît vraisemblable, on sait que l'amplitude résultante sera $2A \sin \pi \varphi$. Elle serait nulle si le point excitateur est en d, égale à $A\sqrt{2}$ s'il est en c mais croîtrait encore si le point excitateur se rapprochait de b. »

d'origine. Soient e et $1/2 - \delta$ les valeurs données par (4) et (5) et y la distance comptée sur le cercle de b à o. L'onde allant de d vers o donnerait en a avec un point initial en b, $-e \sin 2\pi(t/\tau + \delta)$; le point excitateur se trouvant à une distance y de b, la phase est diminuée de y/λ et on a $-e \sin 2\pi(t/\tau + \delta + y/\lambda)$. Au point b, une première réflexion en a multiplie l'amplitude par m et ajoute à la phase $(l - y)/\lambda + \delta$ c'est-à-dire $1/2 - y/\lambda$ ce qui donne $me \sin 2\pi(t/\tau + \delta + y/\lambda)$. On trouve par un calcul semblable que l'effet de l'onde allant de o vers b donne en b, $e \sin 2\pi(t/\tau + \delta - r/\lambda - y/\lambda)$ et en a, $-me \sin 2\pi(t/\tau + \delta - r/\lambda - y/\lambda)$. Faisant la somme des valeurs respectivement en a et en b, la différence des densités simultanées désignées par u et u' est

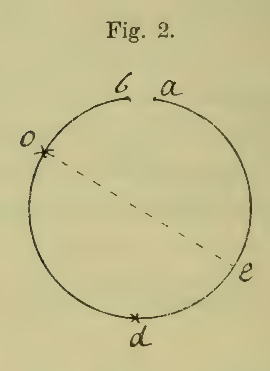
$$(6) \quad u' - u = 2(1+m)\, e \sin 2\pi\left(\frac{t}{\tau} + \delta - \frac{r}{2\lambda}\right)\cos 2\pi\left(\frac{y}{\lambda} + \frac{r}{2\lambda}\right)$$

On voit que pour $y = \lambda/4 - r/2$, lorsque le point excitateur est en d, la différence est nulle et qu'elle croît à partir de cette valeur jusqu'à $y = o$ où le maximum d'amplitude est $2(1 + m)\, e \cos \pi\delta$.

On constate expérimentalement qu'en effet l'action est nulle dans le premier cas, mais qu'elle atteint son maximum lorsque le point excitateur, c'est-à-dire le point le plus rapproché du fil agissant, se trouve à une distance de b un peu moindre que le quart du cercle, au lieu de continuer à croître jusqu'à b. En outre on observe que l'intensité décroît beaucoup moins rapidement lorsque o à partir de cette position va vers b qu'en sens inverse et qu'elle reste notable jusque dans un voisinage presque immédiat de b. Cette contradiction dans la position du

maximum entre la théorie et l'expérience semble pouvoir s'expliquer en tenant compte de la manière dont le fil excitateur agit sur le résonateur, c'est-à-dire du fait que les deux ondes supposées égales d'intensité, cessent de l'être et qu'il se produit une onde en sens contraire à partir du point *a*, lorsque *o* s'approche de *b*, comme le montre la figure 2.

Fig. 2.



Il faut admettre, en effet, que l'action électromotrice, se produisant dans tout le champ cylindrique dont le fil excitateur est l'axe, donne lieu en chaque point du cercle à une onde élémentaire. Il en résulte que pour une position du point *o* telle que celle de la figure 2, tandis que l'onde *ode* est complète, parce qu'elle se développe dans un demi-cercle entier, l'onde *ob* est notablement moins intense et laisse, à cause de la solution de continuité en *b*, la portion de demi-cercle *ae* donner lieu à une troisième onde se propageant de *a* en *e*. Celle-ci fait naître en *a* une densité dont la phase avance sur celle de l'onde *od* d'à peu près 1/2, puisqu'elle se propage directement à partir de *o*, et finit par la neutraliser lorsque le point *o* vient en *b*.

Il est donc évident que le maximum doit se produire pour une certaine valeur de *ob* qui n'est pas nulle. Je ne fais ici qu'indiquer cette complexité vraisemblable de l'action du fil sur le cercle, qui laisse place à un développement plus complet de la théorie.

SUR L'ACCÉLÉRATION

DES

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES SECONDAIRES

PAR

M. Fred.-T. TROUTON[1]

Nous reproduisons à peu près textuellement la partie du travail de M. Trouton dans laquelle il établit une remarquable analogie entre la théorie de l'onde électromagnétique et certaines conséquences du principe d'Huyghens dans le cas d'une onde non limitée. On sait qu'en étendant indéfiniment les limites des intégrales de diffraction on obtient l'éclairement normal, c'est-à-dire l'intensité inversément proportionnelle à la distance, mais que la phase du rayon résultant est plus grande de 1/4 que celle du rayon obtenu directement. Autrement dit, cette phase est telle que le supposerait une route de $\lambda/4$ plus longue que la distance parcourue par la lumière à partir de la source. Par une analyse approfondie du mode de propagation de l'onde électrique dans le voisinage du vibrateur, l'auteur est conduit à voir dans cette

[1] *Philosophical Magazine*, mars 1890, p. 268.

difficulté de l'optique théorique une conséquence de la distribution de l'état vibratoire près du point vibrant, ou tout au moins à signaler un rapprochement plausible.

Rappelons que dans une étude mathématique[1] M. Hertz a déduit de la théorie de Maxwell le mouvement électromagnétique déterminé dans le diélectrique ambiant par le vibrateur et obtenu une solution qui s'accorde avec les résultats expérimentaux et les coordonne. Le champ électromagnétique est rapporté à l'axe du vibrateur, qui est l'axe de révolution de la surface de l'onde, comme axe des z et à deux axes rectangulaires dans le plan normal au premier passant par le centre. Pour les points de ce plan, à la considération desquels se limite l'auteur du présent travail, la force électromotrice Z est parallèle à l'axe des z et la force magnétique est dans le plan et de plus perpendiculaire au rayon vecteur joignant le point considéré à l'origine.

Considérons en premier lieu la force magnétique; elle est donnée par[2]

$$P = \frac{a}{r}\left[\sin 2\pi\left(\frac{r}{\lambda} - \frac{t}{\tau}\right) + \frac{\lambda}{2\pi r}\cos\left(\frac{r}{\lambda} - \frac{t}{\tau}\right)\right]$$

où r est le rayon vecteur, λ la longueur d'onde et τ la durée de l'oscillation. Pour les petites valeurs de r, P dépend du cosinus et pour les grandes du sinus ou, ce qui revient au même, du cosinus en remplaçant la variable t par $t-\tau/4$. Ceci indique une accélération de $\tau/4$ dans la vitesse de propagation en passant du voisinage immédiat du vibrateur à une grande distance.

[1] *Wiedemann's Annalen*, 1889, nº 1; *Archives*, 1889, t. XXI.

[2] Dans la valeur de P du mémoire cité, une faute d'impression a supprimé le premier facteur $1/r$. *Archives*, précéd. cit., p. 556.

Ne nous contentons pas de cette indication et cherchons comment varie la vitesse de propagation qui correspond à une valeur constante de P. Choisissons pour P la valeur zéro, d'où résulte, en remplaçant $2\pi/\lambda$ par m et $2\pi/\tau$ par n,

$$\operatorname{tang}(mr - nt) = -1/mr$$

équation qui, différentiée, donne

$$v = \frac{dr}{dt} = V\,\frac{m^2r^2 + 1}{m^2r^2}$$

V étant la vitesse normale ou λ/τ. On voit que pour r égal à zéro la vitesse est infinie et qu'à mesure que r grandit elle se rapproche de sa limite V. M. Hertz a indiqué comment il faut interpréter cette valeur infinie dans le voisinage du vibrateur ; elle implique le fait que l'énergie radiante a son origine dans le milieu ambiant, qui se trouve être la véritable source de l'ébranlement initial, puisqu'il y apparaît simultanément avec l'ébranlement au centre. Afin d'obtenir l'accélération due à la variation de la vitesse le long d'un chemin très grand, on considère l'intégrale

$$\int_0^{N\lambda} \frac{dr}{v} = \frac{1}{V}\left[N\lambda - \frac{1}{m}\operatorname{arc\,tang} mN\lambda\right]$$

dont la limite, lorsque N devient un grand nombre, est $N\tau - \tau/4$. Le calcul de cette intégrale, en remplaçant v par la valeur ci-dessus, n'offre pas de difficulté. Si, au lieu de donner à P la valeur zéro, on choisit celle pour laquelle P est maximum ou minimum déterminée par

$dP/dt = 0$, la valeur de v est la même. D'autre part, cette vitesse se trouve être aussi celle avec laquelle se propage, dans la représentation graphique de l'onde [1], la circonférence qui est la ligne de force pour la valeur zéro de Q. En effet, la valeur de Q [2] égalée à zéro donne, de même que dP/dt, la condition tang $(mr - nt) = mr$.

Considérons en second lieu la force électro-motrice dont l'expression est

$$Z = \frac{a}{r}\left[-\sin(mr - nt) - \frac{\cos(mr - nt)}{mr} + \frac{\sin(mr - nt)}{m^2r^2}\right]$$

qui ne permet pas de conclure à une accélération $\tau/4$ comme dans le cas de P. Cherchons de nouveau la vitesse de propagation correspondant à la valeur zéro de Z ; on trouve

$$\text{tang}(mr - nt) = \frac{mr}{1 - m^2r^2}$$

et, en différentiant,

$$v = \frac{dr}{dt} = V\,\frac{m^4r^4 - m^2r^2 + 1}{m^2r^9(m^2r^2 - 2)}$$

On voit que v a une valeur infinie pour les deux valeurs de r, o et $\lambda/\pi\sqrt{2}$, cette dernière valeur pouvant être remplacée approximativement par $\lambda/4.4$. Pour les points intermédiaires la vitesse est négative, c'est-à-dire di-

[1] *Archives*, précéd. cit. Le lecteur qui a sous les yeux les figures représentant la propagation des lignes de force doit y remplacer λ par $\lambda/2$ et substituer dans le texte $\tau/2$ à τ, parce que l'oscillation simple du mémoire original est la moitié de l'oscillation totale.

[2] *Archives*, précéd. cit., p. 526.

rigée vers le centre. On doit remarquer que dans l'équation de condition, $nt = mr - \text{arc tang.}\ mr/1 - m^2r^2$, le second membre pour des valeurs finies de r croissantes passe par un minimum qui n'est pas zéro; ce minimum a lieu pour la même valeur de r, $\sqrt{2}/m$, qui annule le facteur $m^2r^2 - 2$ et rend la vitesse infinie. C'est donc seulement à partir de la valeur correspondante de t, laquelle est égale à $\tau/2 - 0.12\tau$, que la valeur zéro de Z peut se produire dans le champ. La représentation graphique de l'onde interprète correctement cette circonstance de la propagation. Il faut se rappeler que les courbes sont celles de l'équation $Q =$ Constante et que Z dépend de Q par la relation $Z = 1/r \times dQ/dn$ où dn est l'élément de normale entre deux courbes voisines; la direction de Z est la tangente à la courbe. La valeur zéro de Z correspond donc au point où la courbe se réduit à un cercle infiniment petit, puisque Q ayant la même valeur sur tous ses points, dQ est nul en passant d'une extrémité à l'autre du diamètre. On doit se représenter le petit cercle de la figure 4 comme la section par un plan méridien d'un anneau à section circulaire émis par rayonnement à partir du vibrateur.

Évaluons le temps de propagation de l'onde par l'intégrale

$$\int \frac{dr}{v} = \frac{1}{V}\left[r - \frac{1}{m}\ \text{arc tang}\ \frac{mr}{1 - m^2r^2}\right]$$

à prendre entre les deux valeurs de r choisies pour limites. En prenant Nλ pour limite supérieure et pour limite inférieure $\lambda/4.4$, c'est-à-dire le point où paraît la valeur zéro de Z, on trouve $\tau(N - 1/4.4) - \tau/2\pi$ arc tang. $\sqrt{2}$ où la

première partie est le temps normal. Si l'on compte la durée de propagation à partir de l'origine du temps, il faut ajouter au résultat obtenu par l'intégrale le temps de l'apparition au point $\lambda/4.4$, ce qui donne $N\tau$, et si l'on compte à partir du moment où la valeur zéro de Z, revenue vers le centre, l'atteint, ce qui a lieu à $\tau/2$, on trouve $N\tau - \tau/2$. Dans aucun des deux cas, cette durée de propagation ne correspond à un chemin réellement parcouru et l'on se rend bien compte des conditions du phénomène en comparant la marche simultanée de l'onde magnétique et de l'onde électromotrice. La première, dont la propagation peut être, comme on l'a dit, assimilée à celle de la circonférence $Q = 0$, atteint un point situé à une grande distance avec une accélération de $\tau/4$ sur la durée déterminée par la vitesse normale et définitive. Quant à la seconde, la valeur zéro de Z ne peut pas être considérée comme se propageant à partir du centre où elle se produit théoriquement pour l'origine du temps, mais sans se communiquer au milieu ambiant. Elle y est simultanée avec la valeur maxima de P, et comme, d'autre part, pour une grande distance, P et Z ont simultanément leur maximum et leur minimum, il faut qu'entre les deux époques le minimum de Z ait subi un retard de $\tau/4$. Cette condition est satisfaite par la disparition au centre de la valeur zéro de Z et sa réapparition en $\lambda/4.4$, point à partir duquel elle se propage de manière à se retrouver en accord avec P.

Si, au lieu de choisir la valeur zéro de Z, on considère celle pour laquelle Z est maximum ou minimum, on trouve la même expression pour la vitesse de propagation, de manière que le point $\lambda/4.4$ peut être considéré comme la véritable origine de l'ébranlement. Par suite de

la transformation de l'énergie dans le voisinage du vibrateur, passant de la forme magnétique à la forme électromotrice, c'est en ce point qu'elle atteint en premier lieu son maximum à un instant qui précède de $\tau/8$ environ celui du maximum au centre, $\tau/4$. Cette valeur maximale se propage, soit dans le sens de l'onde, soit vers le centre, à partir de ce point. De même que pour la valeur zéro, le double fait du point de départ autre que le centre et de la variation de vitesse met, pour une grande valeur de r, l'onde électrique en accord avec l'onde magnétique.

On est ainsi amené à se demander si l'ébranlement élémentaire qu'il faut considérer lorsqu'on applique le principe d'Huyghens n'est pas analogue à celui qui est produit par le vibrateur de Hertz. Chaque ébranlement isolé présenterait en effet des extrémités ou pôles équivalents aux densités électriques opposées du vibrateur. Le seul mode connu pour provoquer un ébranlement lumineux étant la présence de la matière pondérable, il semble plausible d'y assimiler l'ébranlement de l'onde d'Huyghens. On peut objecter que le vibrateur étant un conducteur, il y existe des courants de conduction, mais, d'autre part, d'après l'auteur, il résulte d'expériences qu'il décrit plus loin qu'un diélectrique tel que du verre agit par réflexion et donne lieu par conséquent à un ébranlement élémentaire.

L'étude de M. Trouton, qui a trait encore à des phénomènes de réflexion justifiant son titre, mérite, nous semble-t-il, d'attirer l'attention et de se joindre aux recherches mathématiques ayant pour objet la liaison des phénomènes électriques avec ceux de l'élasticité, liaison implicitement contenue dans la théorie de Maxwell. En résumé, le retard de $\lambda/4$ du principe d'Huyghens se trouve

identique à celui de l'onde magnétique du vibrateur, laquelle, d'autre part, caractérise aussi bien l'onde électromotrice, puisque celle-ci finit par être en accord avec elle pour une valeur suffisamment grande de r. En assimilant l'état vibratoire de l'élément d'onde lumineuse à celui de l'élément de l'onde électromagnétique, supposé lui-même conserver les propriétés de l'onde de grandeur finie, on a une solution de la difficulté dont il s'agit, puisque dans la composition de l'onde pour un point éloigné il faut diminuer de $\lambda/4$ la distance. En d'autres termes, le mécanisme de l'état vibratoire est tel que si l'on considère chaque élément de la surface de l'onde comme vibrant isolément, on doit, comme conséquence de cette décomposition, diminuer la phase d'un quart. La phase de l'état vibratoire de l'élément est définie dans cette hypothèse par celle de la force magnétique à l'origine et se trouve identique à celle de la surface de l'onde d'Huyghens. Quant à l'état vibratoire de la force électromotrice de l'élément isolé des éléments voisins, on peut l'assimiler à ce qu'il est dans le voisinage du vibrateur, et cette hypothèse ne change rien à la règle de composition consistant à diminuer la phase d'un quart.

L. DE LA RIVE.

SUR LA

THÉORIE DES DISSOLUTIONS

PAR

M. Ch.-Ed. GUILLAUME

Des découvertes très importantes faites coup sur coup tournent, en ce moment, l'attention des physiciens et des physico-chimistes du côté des dissolutions, et des conséquences que l'on peut en tirer concernant la constitution de la matière.

Les recherches théoriques ou expérimentales dans ce domaine sont si nombreuses qu'en refaire ici la bibliographie nous entraînerait beaucoup trop loin; elles sont presque toutes consignées dans la *Zeitschrift für physikalische Chemie* dirigée par MM. van T'Hoff et Ostwald, et c'est dans cette revue que l'on peut en suivre le développement. M. Étard vient d'en faire un excellent résumé dans la *Revue des Sciences*[1].

On admet aujourd'hui que, dans bien des cas, un sel dissous est en partie dissocié (Arrhénius); c'est, jusqu'ici la seule hypothèse qui puisse rendre compte de certains phénomènes considérés au début comme des anomalies.

[1] Paris, Doin, nº du 15 avril.

Mais on est allé plus loin; par des considérations thermodynamiques du plus haut intérêt, M. von Helmholtz conclut à la nécessité de la dissociation partielle de l'eau. Ce résultat est si important, qu'il n'est pas inutile d'en contrôler directement les conséquences.

I

Reprenons d'abord la marche suivie par l'illustre physicien. Tandis que la théorie élémentaire de l'électrolyse nous enseigne que l'eau ne peut être décomposée en ses éléments par une force électromotrice inférieure à une limite donnée, l'expérience montre que toute force électromotrice entretient un courant durable à travers le liquide. Dans bien des cas, les impuretés suffisent à l'expliquer; mais, lorsque tout a été purifié et nettoyé avec beaucoup de soin, le phénomène se produit encore, et il faut avoir recours à une autre explication. D'après M. von Helmholtz, le courant résiduel est dû à une électrolyse de l'eau, dans laquelle les gaz dissous dans le liquide ou préalablement occlus dans les électrodes fournissent à la réaction l'énergie qui manque au courant, puis, se dégageant dans le voisinage des électrodes opposées, traversent le liquide par diffusion, et recommencent perpétuellement le même cycle. La sensibilité des méthodes électriques permet de déceler un courant entretenu par une quantité de gaz prodigieusement faible, et, quoi que l'on fasse pour éloigner les gaz, il en reste toujours un peu.

En outre, l'expérience montre que, au moment où commence l'électrolyse visible, rien dans le régime du

courant ne permet de supposer que les forces chimiques ont été vaincues subitement par les forces électriques.

La thermodynamique rend fort bien compte de ces phénomènes. Si l'on calcule la valeur de la fonction F que M. von Helmholtz nomme énergie libre du système matériel (fonction caractéristique de M. Massieu changée de signe), en partant de l'expression de l'énergie totale que possèdent les gaz H et O dissous dans l'eau, et celle de l'eau elle-même, on trouve, pour la différence de ces quantités, l'expression

$$F_g - F_{aq} = A + B(1 - \mathrm{Log}\, v_h) + C(1 - \mathrm{Log}\, v_o)$$

A, B et C contiennent la température comme seule variable; v_h et v_o sont les volumes spécifiques que devrait posséder le gaz au-dessus du liquide pour produire la concentration considérée de la solution gazeuse. Ou, en changeant la valeur numérique de la constante A, on peut dire aussi que v_h et v_o représentent le volume spécifique des gaz dissous.

Cette équation nous enseigne que, plus l'eau est purgée de gaz, plus la différence $F_g - F_{aq}$ diminue; il en est de même de la force électromotrice de décomposition, qui lui est proportionnelle. Cette conséquence a été vérifiée par l'expérience pour des pressions du gaz variant entre la pression atmosphérique et 10 mm. d'eau environ.

Mais l'auteur va plus loin. Au point de vue purement mathématique, il est permis de donner à v_h et v_o des valeurs telles que $F_g - F_{aq} < 0$. Dans ce cas, l'équilibre n'est plus possible, et l'eau doit tendre à se décomposer en une solution gazeuse jusqu'à ce que $F_g - F_{aq} = 0$.

Un certain nombre de molécules sont sacrifiées, et assurent ainsi l'existence des autres.

La quantité de gaz tonnant suffisante pour assurer l'équilibre serait de $0,2655,10^{36} \frac{g.}{cm^3}$

Nous pouvons chercher à nous représenter quelle serait la répartition d'une quantité de matière aussi faible.

Supposons, d'après les théories généralement admises, que la molécule d'eau soit composée de 1 atome de O et de 2 atomes de H. La masse moyenne de ces atomes est égale à $\frac{1}{3}$ de la masse d'une molécule d'eau. Ce nombre est assez approché de 0,26 pour qu'on puisse admettre pour simplifier que 10^{36} molécules d'eau contiendront un atome de gaz; deux atomes gazeux voisins seront donc, en moyenne, séparés par $10^{\frac{36}{3}} = 10^{12}$ molécules d'eau.

D'autre part, il existe de nombreuses déterminations de la grandeur absolue des molécules, ou de la distance des centres de deux molécules dans un solide ou un liquide. Bien que la plupart des raisonnements dans ce domaine soient peu rigoureux, les résultats sont tellement concordants, qu'on peut leur accorder quelque vraisemblance. La limite supérieure est généralement fixée à 1 $m\mu$[1], la limite inférieure, un peu au-dessous de 0,1 $m\mu$.

Or 10^{12} $m\mu$ = 1 km.; suivant la valeur adoptée pour la grandeur de la molécule, nous serions donc conduits à conclure que deux atomes isolés seraient distants de 100 m. à 1000 m. Il est bien évident que ces atomes

[1] Millième de micron.

ne peuvent exercer aucun effet sur l'équilibre général du liquide.

Il faut donc renoncer à la conclusion, au moins numérique à laquelle entraîne la supposition $F_g - F_{aq} = 0$, et chercher la cause de la contradiction. Pour y parvenir, il convient d'établir d'abord quelques propriétés générales des dissolutions, évidentes du reste, et qu'il suffit d'énoncer.

II

Les célèbres expériences de Bessel ont démontré que, jusqu'aux extrêmes limites des mesures les plus précises, on ne constate aucune action spécifique des corps à grande distance. Les quantités qui entrent au numérateur dans la formule d'attraction de Newton sont uniquement les masses des corps, c'est-à-dire que l'accélération de la pesanteur est la même pour tous les corps. Si, par exemple, nous plaçons à 1 m. de distance deux sphères de 1 cm. de diamètre, respectivement remplies d'hydrogène et d'oxygène, elles s'attireront comme si elles étaient remplies des mêmes masses d'un seul de ces gaz. Mais, à une distance très petite, il n'en est plus de même; les corps exercent une action spécifique les uns sur les autres. Il serait très aventureux d'admettre que cette action cesse jamais; tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'à partir d'une certaine distance, aucune méthode de mesure ne permet de la constater. Pour simplifier les raisonnements qui suivent, nous supposerons que l'action spécifique des corps est appréciable jusqu'à une certaine distance, rigoureusement nulle à partir de là. C'est

ainsi que nous parlerons du rayon de la sphère d'action des molécules, comme s'il était parfaitement défini. Les résultats seraient du reste exactement les mêmes, si nous ajoutions toujours le qualificatif *sensible* à l'expression *sphère d'action*[1].

Les expériencees bien connues de MM. Quincke, Plateau, Henry, etc., conduisent à admettre que le rayon de la sphère d'action moléculaire est de 0,05 μ environ. En dehors de cette sphère qui lui est concentrique, une molécule en dissolution n'exerce plus aucune action sur le liquide dans lequel elle se trouve. D'après ce qui a été dit, et en admettant la limite inférieure pour la grandeur des molécules, nous pouvons admettre que 1000 molécules en ligne droite trouveront place sur le diamètre de la sphère d'action de la molécule centrale, et qu'une molécule contient, dans sa sphère d'action, un nombre de molécules de l'ordre de 10^9.

Lorsqu'un corps quelconque est en solution dans un liquide, il tend à se répandre uniformément dans le dissolvant; l'uniformité est définitivement assurée par la diffusion, mais on sait dans quelle mesure elle peut être favorisée par des procédés mécaniques. En apparence, les molécules du corps dissous se repoussent; plus exactement, elles cherchent à atteindre des portions du liquide dans lesquelles le nombre spécifique des molécules du dissolvant soit aussi grand que possible. Mais cette tendance à l'uniformité n'est pas indéfinie; chaque molécule du corps dissous tend à n'avoir dans sa sphère d'action que des molécules du dissolvant, et, comme les affi-

[1] Nous avons renoncé à l'expression *rayon d'activité*, le mot *activité* étant plutôt synonyme d'*énergie* que de *force*.

nités sont d'autant mieux satisfaites que les molécules du dissolvant situées dans la sphère d'action des molécules du corps dissous sont plus nombreuses, les molécules dissoutes tendront à s'éloigner jusqu'à ce que leurs sphères d'action soient tangentes; à partir de ce moment, elles seront complètement indépendantes.

Supposons qu'une solution soit juste assez concentrée pour que les sphères d'action des molécules dissoutes puissent être tangentes; ces molécules se placeront en réalité de manière à remplir cette condition; nous dirons alors que la solution est à la *concentration critique*. Mais, si l'on ajoute une certaine quantité du dissolvant, les molécules dissoutes deviennent libres dans une certaine mesure; la concentration maxima d'une portion du liquide ne pourra pas être supérieure à la concentration critique; mais il n'y a aucune raison physique qui s'oppose à ce que cette concentration s'abaisse jusqu'à zéro pour des espaces très petits. La répartition des molécules n'est plus régie que par la loi des grands nombres[1]. On peut envisager la solution comme un mélange quelconque d'une solution uniforme minima avec le dissolvant. La valeur de la concentration critique est comprise entre un millionième et un milliardième.

Lorsqu'un corps est soluble dans un liquide, le minimum de solubilité doit être suffisant pour que l'on puisse atteindre la concentration critique. On peut, en effet, se figurer toutes les molécules dissoutes rassemblées dans une portion du liquide de manière à réaliser la concentration critique; elles sont sans action réciproque; il ne

[1] Nous faisons évidemment abstraction de toutes les forces extérieures.

se formera donc aucun précipité, et de nouvelles quantités de matières pourront se dissoudre dans le reste du liquide pur.

Au-dessous de la concentration critique, toutes les propriétés de la solution doivent varier proportionnellement à la concentration; au-dessus, la loi de variation est fréquemment la même, mais ne l'est plus nécessairement. Si, donc, on pouvait déterminer exactement le point où diverses propriétés des solutions cessent d'être rigoureusement proportionnelles à la concentration, on aurait une relation numérique entre la grandeur des molécules et le rayon de leur sphère d'action. Il n'est pas certain que l'on y arrive jamais, mais une autre propriété pourra sans doute être soumise plus facilement au contrôle de l'expérience; c'est la suivante :

On admet généralement que la chaleur de dissolution diminue asymptotiquement avec la dilution. Si nos considérations sont exactes, la chaleur de dissolution doit être rigoureusement nulle au-dessous de la concentration critique.

III

Revenons au point de départ de ces considérations : la contradiction signalée entre les conséquences d'une équation, et les données d'un raisonnement immédiat.

On pourrait admettre d'abord que la molécule est composée d'un nombre très grand d'atomes, qui peuvent se répandre uniformément dans le liquide; si leur sphère d'action était la même que celle de la molécule, leur nombre devrait être de 10^{26} au minimum.

L'hypothèse inverse conduirait à supposer que les va-

leurs numériques des paramètres de la formule ne sont pas constantes ; déterminées pour des concentrations moyennes, elles se modifieraient sensiblement pour des solutions très diluées, et assigneraient la valeur minima de 10^{-9} à la concentration de la solution gazeuze assurant l'équilibre.

Mais il faut reconnaître que ces deux hypothèses sont peu probables les écarts étant beaucoup trop grands ; la cause de la contradiction doit être cherchée ailleurs. C'est en donnant à v_h et v_o des valeurs extrêmement grandes que l'on annule la différence $F_g - F_{aq}$. Or il est légitime de se poser la question : Peut-on attribuer au volume spécifique d'un gaz ou d'un autre corps en solution une valeur positive quelconque? Pour la limite inférieure, la question est résolue négativement par l'impénétrabilité de la matière. La notion de la concentration critique conduit à admettre qu'il en est de même pour la limite supérieure. Lorsque les molécules sont indépendantes les unes des autres, c'est-à-dire lorsqu'il existe des espaces soustraits à leur action, ces espaces ne doivent pas être ajoutés à ceux qui environnent les molécules, pour composer un espace total, donnant le numérateur du volume spécifique, dont le dénominateur est fourni par la masse de matière comprise dans cet espace. Le maximum de volume spécifique d'un corps dissous correspond à la concentration critique; pour une dilution plus grande, tous les espaces qui ne sont pas compris dans la sphère d'action d'une molécule doivent être éliminés du calcul comme s'ils n'existaient pas.

Il est donc légitime de douter que l'équation de départ renferme, comme conséquence, la nécessité d'une dissociation spontanée de l'eau.

NOUVEL APPAREIL

POUR MONTRER LES

VARIATIONS DE LA TENSION SUPERFICIELLE DES LIQUIDES

PAR

M. F. LECONTE

Professeur à Gand.

Je rappelle d'abord une modification apportée par mon bienveillant professeur, M. Van der Mensbrugghe, à des appareils qu'il a décrits antérieurement dans *La Nature*, n° du 28 juillet 1888 (voir fig. 4, p. 137).

M. Van der Mensbrugghe tend à travers un cadre carré en fil de fer de 10 centimètres de côté, des fils plus fins, de manière à partager approximativement la surface en centimètres carrés. On pourrait appeler cet appareil la gaufre capillaire (voyez fig. 1, plan et élévation). Cette gaufre est reliée par quatre fils partant des sommets à un bouchon de 65 mm. de diamètre et 25 mm. d'épaisseur. Le bouchon est traversé au milieu par une tige rigide qui supporte une petite corbeille destinée à recevoir du lest.

On met le petit appareil dans un vase contenant de l'eau et on le leste de manière que le bouchon émerge de quelques millimètres. On l'enfonce alors dans le vase, pour amener la gaufre au niveau du liquide. Malgré

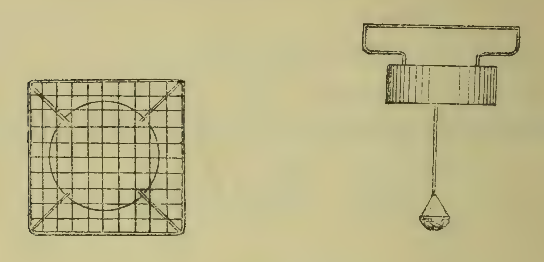


Fig. 1.

l'excès de la poussée, l'appareil est retenu dans ce plan par la tension superficielle : il se forme des ménisques concaves sur toute la longueur des fils de fer. Après quelques tâtonnements, on parvient à lester l'appareil de manière que la résultante verticale des actions dues à la tension superficielle, augmentée du poids du système, surpasse très peu la poussée du liquide. Si alors on diminue la tension superficielle en laissant tomber sur la gaufre de la poudre de savon ou des gouttelettes d'éther, l'appareil abandonne la surface liquide et se relève brusquement. Si l'appareil est bien réglé, c'est-à-dire si la force dont nous avons parlé tantôt est très faible, il suffit de déboucher au-dessus de la gaufre un flacon contenant de l'éther pour provoquer le mouvement. Cette élégante expérience est d'un effet magique.

Dans l'appareil analogue que j'ai construit, le mouvement de translation verticale est remplacé par un mouvement de rotation. C'est une gaufre carrée en fil de fer,

de mêmes dimensions que la précédente; l'un des côtés du carré porte des prolongements sur lesquels on enfile des demi-bouchons. Deux de ces bouchons, qui restent fixes, portent des tiges verticales ramenées ensuite horizontalement. Une tige transversale, placée à cheval sur ces deux premières, supporte une petite corbeille.

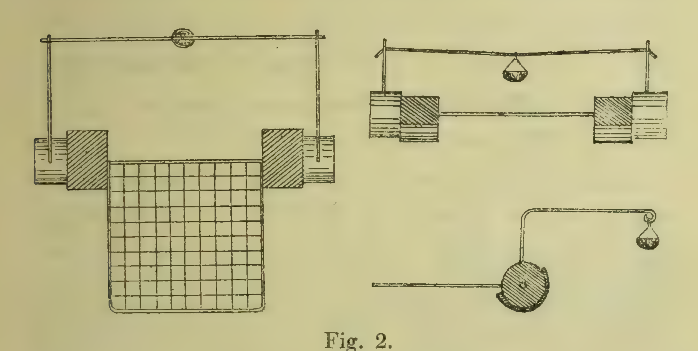


Fig. 2.

Plan, élévation et coupe.

On commence par déposer la gaufre sur l'eau avec précaution. Il s'agit ensuite de régler l'appareil. En effet, les poids mis dans la corbeille enfoncent de plus en plus le côté prolongé du carré gaufré, et à un moment donné il peut y avoir submersion. On évitera cet accident en tournant les demi-bouchons de manière à augmenter le volume plongeant dans l'eau. Ainsi compris, les bouchons sont de véritables régulateurs. Pour le poids maximum que l'on met dans la corbeille, il faut que l'arête longue ne s'enfonce pas sensiblement au-dessous du niveau de l'eau. Le fonctionnement de l'appareil se comprend très facilement : on met de la grenaille de plomb et du sable dans le panier, et le côté opposé du carré se soulève, tend

à abandonner le liquide. Il arrive un moment où la tension superficielle seule du liquide retient la gaufre; si alors on diminue cette tension par un des moyens indiqués plus haut, on voit immédiatement le système culbuter. On peut attacher dans l'un des bouchons une longue tige de graminée portant un petit index en papier; l'index décrit un grand arc de cercle dans l'espace quand la culbute se produit; cet artifice rend le mouvement visible de loin. Enfin, on peut rendre le mouvement moins précipité en fixant des palettes sur les bouchons à l'intérieur de l'eau.

L'appareil que je viens de décrire n'a pas les qualités esthétiques des flotteurs de M. Van der Mensbrugghe; mais il est plus facile à construire, peut-être plus facile à employer, car il n'exige pas un vase profond; il se règle plus commodément. Enfin, il est aussi sensible, car il fonctionne également sous l'influence des vapeurs d'éther.

DEUX

NOUVEAUX ÉTHERS NITRIQUES BUTYLIQUES

PAR

M. le prof. Jacques BERTONI
de la R. Académie navale de Livourne.

L'on connaît depuis un quart de siècle quatre alcools butyliques, dont l'isobutylique seul a été, jusqu'à présent, transformé en éther nitrique. Une des causes qui a retardé la formation des trois autres éthers mérite d'être rappelée, savoir la certitude de détruire un matériel précieux, dont la préparation s'est toujours montrée pas mal difficile, même jusqu'à ces derniers temps.

Je laisserai de côté le triméthylcarbinol, car on saisit à priori qu'il n'est pas possible de le transformer dans le nitrate correspondant, ni avec l'acide nitrique en présence de l'urée, ni par la méthode de Chapman. Il est probable qu'on n'arrivera point à le préparer même par voie indirecte. Cela m'oblige à me borner, pour le moment, aux deux autres alcools butyliques, normal et secondaire. Il est bien vrai que le passage de ces alcools à l'état d'éthers nitriques n'est guère sans obstacles, surtout lorsqu'il s'agit de l'alcool secondaire. Ce fait a sans doute retardé la connaissance de leurs nitrates. L'idée que les chimistes les ont laissés de côté par leur importance scientifique et prati-

que minime, me semble de bien peu de valeur. Certes, les éthers nitriques n'ont profité à l'industrie que par la nitro-glycérine, le fulmicoton et le nitrate d'éthyle. Mais ces corps ont bien suffi à justifier l'étude qu'on a fait continuellement de ces éthers, même lorsqu'ils ne réveillaient, pour le moment, qu'un intérêt théorique.

Si l'étude des principaux termes des différentes séries de composés organiques est par elle-même très importante, la recherche de tous les membres de chaque série ne l'est pas moins, car elle entraîne souvent à des découvertes minutieuses qui effacent d'anciennes erreurs, tout en montrant des analogies nouvelles et des déductions utiles.

Au point de vue de l'intérêt théorique, les recherches concernant la préparation des deux éthers auraient dû porter d'abord sur l'éther nitrique du triméthyle carbinol, ensuite sur l'alcool butylique secondaire, et en dernier sur le nitrate butylique primaire normal. Cependant les difficultés techniques m'ont obligé à intervertir l'ordre indiqué; elles m'ont en effet empêché jusqu'ici la préparation de l'éther nitrique par l'alcool butylique tertiaire, que je pense pouvoir effectuer dans quelque temps, par voies indirectes. Il est bien connu, en effet, que la facilité des alcools à s'éthérifier diminue en partant des alcools primaires normaux, jusqu'aux primaires avec chaîne ramifiée; s'affaiblit rapidement dans les secondaires et spécialement chez les tertiaires, dans lesquels elle est minime.

Je décrirai donc en premier lieu l'éther nitrique de l'alcool butylique normal et ensuite celui de l'alcool butylique secondaire.

I

Nitrate butylique normal.

J'emploie, dans la préparation de cet éther, l'alcool butylique normal tiré de la fermentation de la glycérine et tel qu'il sort de l'usine F.-A.-C. Kahlbaum de Berlin.

Cet alcool par lui-même de fort bonne qualité, parfaitement déshydraté à l'aide du carbonate de potasse et ayant un point d'ébullition constant entre 115 et 116° C., a été fait égoutter par portions de 10 cc. chaque, dans 30 cc. d'un mélange de 2 vol. d'acide sulfurique concentré et 1 vol. d'acide nitrique 1.4, plongé dans un mélange frigorifère. On agite sans cesse l'alcool qui dégoutte, afin d'empêcher que la température ne s'élève au delà de 0°, dans un point quelconque de la masse, évitant de la sorte des réactions secondaires, qui entraîneraient la destruction totale du produit désiré. L'opération achevée, on abandonne le mélange à soi, durant l'espace d'un quart d'heure, pour que la réaction se complète; on le verse ensuite sur de la glace. On voit bientôt paraître à la surface du liquide une couche huileuse, qui tombe au fond, lorsqu'on ajoute de l'eau en excès, cela à cause de la densité affaiblie de la solution acide.

On répète cette préparation à loisir, on recueille le produit de chaque traitement et l'on sépare au moyen d'un entonnoir à robinet. On agite l'éther avec une solution diluée de carbonate de soude, on lave plusieurs fois avec de l'eau. On récolte le produit et on le fait sécher, pendant quelques jours, au contact du nitrate de calcium

anhydre, que l'on renouvelle jusqu'au moment où il se montre inaltéré, même après une semaine.

L'éther ainsi obtenu, distillé sur du nitrate calcique donna, au premier abord, quelques cc. d'un liquide bouillant à 134°. Dès que le thermomètre s'éleva à 135°, le liquide se prit à distiller et continua ainsi avec régularité jusqu'au passage presque complet du produit, cela entre 135 et 137°. Si l'on reprend la distillation, on voit que la plupart du produit est un liquide bouillant à 136° environ, savoir : le *nitrate butylique normal.*

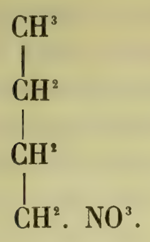
Propriétés. L'éther ainsi préparé est un liquide limpide, incolore, ayant une odeur et une saveur agréables d'éther, douceâtre, rappelant d'abord le nitrate d'éthyle, puis pénétrant et brûlant sans d'ailleurs provoquer ce mal de tête, qui est éveillé par son isomère préparé par MM. Wurtz et Chapman.

Insoluble dans l'eau, il est soluble dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique, etc. En présence des acides sulfurique, chlorhydrique, sulfhydrique il se comporte tout à fait comme le nitrate isopropylcarbinolique. Il brûle avec une flamme olivâtre. Son point d'ébullition est à 136°, son poids spécifique à 0°, de 1,048. Il n'engendre point d'insomnie à l'instar de son isomère isobutylique. Lorsqu'on le surchauffe, il fait entendre une *détonation.*

L'analyse a fourni les résultats suivants :

	D'après l'expérience :	D'après le calcul :
C...	40.58	40.33
N...	11.36	11.76

Ces chiffres autorisent la formule $C^4H^9NO^3$. L'éther nouveau a donc, par sa genèse et ses propriétés, la constitution que voici :



II

Nitrate butylique secondaire.

La préparation de cet éther a été précédée par des essais infructueux. Les résultats ont été négatifs avec la méthode classique de Millon. Je ne veux pas cependant en conclure qu'il soit vraiment impossible de préparer le nitrate, directement avec de l'acide nitrique et de l'urée. J'ai dit plus haut que les alcools secondaires sont difficilement transformables dans les nitrates correspondants.

La méthode qui a fourni les meilleurs résultats est toujours la même ci-dessus exposée. On a eu cependant toujours la précaution d'opérer chaque fois avec des petites proportions et lentement, à des températures toujours inférieures à 0° et d'agiter sans cesse, dans le but d'éloigner toute réaction secondaire. Malgré ces soins, les opérations n'eurent, au premier abord, aucun succès.

Les différentes portions recueillies, lavées et séchées, ont fourni un produit bien caractérisé, savoir : le *nitrate butylique secondaire.*

Propriétés. Ce nitrate est un liquide incolore, mobile,

ayant une odeur agréable, éthérée, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, le sulfure de carbone, etc. Il se décompose plus facilement que ses isomères (normal, primaire et iso), par l'hydrogène sulfuré, en isolant du soufre, par le sulfate ferreux, en déposant de l'ocre, par l'acide sulfurique en développant des vapeurs rutilantes. Le point d'ébullition est de 124°, le poids spécifique à 0° de 1.0382. Le nitrate, chauffé à quelques degrés au-dessus de son point d'ébullition, est *explosif.*

L'analyse a donné les résultats suivants :

	D'après l'expérience :	D'après le calcul :
C...	40.24	40.33
N...	11.90	11.76

L'éther décrit peut donc être représenté par la formule $C^4H^9NO^3$. Sa composition est la suivante :

$$\begin{array}{l} CH^3 \\ \vert \\ C^{H}_{NO^3} \\ \vert \\ CH^2 \\ \vert \\ CH^3 \end{array}$$

Je ne saurais admettre que la coïncidence des points d'ébullition et des poids spécifiques dans l'éther en question et dans son isomère isobutylique soit fortuite. Il est impossible de rien décider là-dessus, sans admettre, en base à une hypothèse qui a cependant peu de valeur, que, durant la réaction, le groupe NO^3 soit

remplacé par des méthyles terminaux en produisant le nitrate isobutylique, ou que, inversement, l'alcool isobutylique se transforme sous l'action des acides nitriques et sulfuriques en nitrate butylique secondaire. C'est aux recherches expérimentales de montrer si une telle transposition est possible.

Livourne, Laboratoire de chimie générale et technologique.

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1889

PAR

MM. Ernest FAVRE & Hans SCHARDT.

(Suite et fin.)

Terrains cénozoïques.

ÉOCÈNE ET OLIGOCÈNE. — M. HOLLANDE [1] a décrit les terrains tertiaires de la Savoie, spécialement de la région subalpine aux environs de Chambéry. Après avoir rappelé que dans cette région, comme presque partout ailleurs, ces terrains reposent en transgression sur la craie et le néocomien, l'auteur en donne l'énumération suivante :

AQUITANIEN.

16. Fausse mollasse à *Sabal Lamanonis?* Brgn. Grès très developpé dans la vallée de Leschaux, à Bellecombe, etc.
15. Marnes rouges à *Helix* [2]; formant la base de la mollasse et reposant sur l'oligocène.

TONGRIEN.

Série d'assises alternativement marines et d'eau douce, dont la partie supérieure a le facies du flysch et l'inférieur est un terrain de charriage renfermant des *Nummulites*; ce sont :

[1] Hollande, Dislocation des montagnes calcaires, etc. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, III, 128-142.

[2] M. Hollande a eu l'obligeance de nous communiquer des échantillons de Helix de ce niveau; nous avons reconnu *H. rugulosa*, v. Mart. et *H. sublenticula*, Sandb., qui se trouvent tous deux dans les marnes de la mollasse rouge du pied du Jura vaudois (Montcherand, etc.); un exemplaire, mal conservé, paraît être *H. Eckingensis*, Sandb.

14. Flysch oligocène à fucoïdes et à écailles de poissons. Ce terrain est très développé au village des Déserts. On y a trouvé aussi quelques feuilles de *Cinnamomum.*
13. Couches à *Operculines* et *Cardita Lauræ*, terrain à facies vaseux.
12. Grès et sables à *Bythinia Dubuissoni.* Grès et amas de sable souvent très blanc; fossiles difficiles à extraire dans les grès.
11. Couches à polypiers.
10. Poudingue à cailloux néocomiens et à *Natica crassatina.*
    Ces deux facies ne forment qu'une assise, car les polypiers se trouvent en amas dans les divers niveaux du poudingue; la couche à polypiers, dont la roche se délite facilement, renferme beaucoup de fossiles (polypiers et *Nat. crassatina*). Le poudingue repose souvent sur l'urgonien, dont il contient les débris, mêlés de galets de calcaire noir, le tout cimenté par une pâte calcaire, un peu ferrugineuse.
9. Grès grossier s'interposant parfois entre l'urgonien et la couche 10; il contient des débris de roches étrangères à la région et de petites *Nummulites* différentes de celles du flysch et du calcaire éocène. Ailleurs on trouve un
8. Poudingue à cailloux de quartz, de roches granitiques et porphyriques, de silex, de calcaires noirs ou gris, passant à un sable de plus en plus fin et finalement à de la glaise. Les fossiles font défaut dans ce terrain.

Dans leur ensemble, ces couches représentent une formation oligocène et leurs fossiles marquent le passage à l'éocène dans la partie inférieure, tandis que vers le haut, les feuilles de plantes terrestres les rapprochent du miocène. Les fossiles les plus remarquables trouvés dans ces assises (9-14) sont :

Nummulites variolaria, Sow.	*Scissurella Depontailleri*, Cossm.
Natica crassatina, Lam.	*Pleurotoma Bouvieri*, Cossm. et L.
» *angustata*, Gras.	*Bythinia Dubuissoni*, Bouill.
Pecten pictus, Goldf.	*Cardita Lauræ.*
Trochus Vincenti, Cossm., Lamb.	*Cytherea splendida.*
Ostrea gigantea, Brand.	» *subarata*, Sandb.
Cerithium Davidi, Cos. et Lamb.	*Operculina.*
» *Cotteaui*, » »	*Plocophyllia calciculata.*
» *Lamarcki.*	

Éocène supérieur. M. Hollande réunit dans ce groupe les facies du flysch et la partie supérieure du calcaire nummulitique (à *N. striata*).

7. Grès de Taveyannaz. Ce terrain n'existe pas dans le massif des Beauges, mais bien au N.-E., dans le bassin renfermé entre les Vergys et la Pointe-Percée (Almes et Reposoir); il ne diffère pas du grès typique de Taveyannaz.
6. Flysch éocène à fucoïdes et écailles de poissons; schistes plus ou moins micacés sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, au N.-E. du massif des Beauges.
5. Mollasse à nummulites alternant avec des calcaires nummulitiques. Les grès sont exploités sous le nom de mauvaise mollasse.
4. Poudingue à gros cailloux jurassiques, néocomiens ou cristallins; ce terrain se rencontre, comme le précédent, dans la vallée de Serraval et du Reposoir; il contient des cailloux de calcaire à *Num. striata;* sa formation est donc postérieure à celui-ci.
3. Calcaire à *Nummulites striata*; se voit le mieux près des mines de Montmin et de Pernant; calcaire compact, gris foncé, en transgression sur les couches éocènes plus anciennes et reposant quelquefois sur l'urgonien; il atteint partout un grand développement.

Éocène moyen, surtout caractérisé par des conglomérats surmontés de couches saumâtres, dans lesquels apparaissent sur plusieurs points des lits de lignite.

2. Marnes noires à schistes foncés, avec lignite à Montmin, etc. Ces couches ont fourni les fossiles suivants :

Natica Vapincana, d'Orb.
» *Picteti,* Heb. et Renev.
Deshayesia alpina, d'Orb.
Cerithium trochleare, Lam., var. *Diaboli.*
Cerithium hexagonum, Chem.
» *Weinkauffi*, Tourn.
» *plicatum*, Bgn. v. *alpinum.*
Melania costellata, Lam.
Cytherea Vilanovæ, Desh.
Mytilus subobtusus, d'Arch.
Cardium Rouyanum, d'Orb.
» *granulosum*, Lam.
Trochrocyathus Allonsensis, Tour.
Cyclolites alpina, d'Orb., etc.

1. Calcaire grossier avec conglomérats à *Nummulites perforata*, base des dépôts éocènes; les conglomérats sont à pâte grise, glauconieuse, dont les matériaux sont empruntés au crétacé; plus haut viennent des calcaires, pétris de nummulites; il n'y

a pas d'autres fossiles, sauf quelques mauvais moules de gastéropodes et des polypiers.

Cette succession d'assises éocènes est remarquable. Elle montre la superposition des niveaux à *N. perforata* et *N. striata* qui occupent deux provinces bien distinctes; la province à *N. perforata* s'avance au N.-E. vers la Suisse, tandis que celle à *N. striata* s'étend vers le sud. Le flysch aussi subit des modifications; peu puissant dans les Beauges, il atteint une grande épaisseur dans la vallée du Reposoir, où le grès de Taveyannaz le recouvre. De son côté l'oligocène, décrit plus haut, ne s'est pas déposé partout; il existe dans les vallées extérieures seulement, où précisément le flysch manque ou est très faible. Il y a donc transgression entre les divers niveaux éocènes; des mouvements locaux assez importants ont eu lieu à diverses époques, mais surtout entre l'éocène et l'oligocène (tongrien). Le flysch s'est étendu par-dessus toutes les formations nummulitiques et crétacées jusqu'au malm; dans le massif de la Grande-Chartreuse, séparé du massif des Beauges seulement par la vallée de Chambéry, on ne trouve aucune trace de la série tertiaire énumérée, à l'exception de l'aquitanien qui s'y rencontre sur la bordure ouest. Le parallélisme de l'éocène avec celui d'autres régions ressort facilement du tableau suivant :

ÉTAGES			BASSIN DE PARIS (M. HEBERT)	CHALOSSE ET PYRÉNÉES OCCIDENTALES (M. HEBERT)	VICENTIN (M. HEBERT)	SUISSE (M. RENEVIER, ETC.)	SAVOIE (BEAUGES) (M. HOLLANDE)
Eocène supérieur.			Gypse à Palæotherium.	Grès à Euspatangus de Biarritz.	3. Calcaire à polypiers de Crosara. 2. Marnes de Priabona. 1. Calcaire à *Cerithium Diaboli.*	6. Grès de Taveyannaz. 5. Flysch à *Fucoides.* 4. Schistes à *Nummulites.* 3. Calcaires à *Num. striata* 2. Marnes à *Cer. Diaboli.* 1. Marnes à *Paludines* et fruits de *Chara.*	6. Grès de Taveyannaz. 5. Flysch à *Fucoïdes* et écailles de poissons. 4. Schistes à *Nummulites* et gros poudingues à la base. 3. Calcaire à *Num. striata.* 2. Marne à *Cytherea Vilanovæ* et *Cer. Diaboli.* 1. ?
Eocène supérieur.			Gypses à couches marines.	Marnes à *Serpula spirulæa* de Biarritz.	—	—	—
Eocène moyen.	S.-étage supérieur.		Calc. de St-Ouen. Sabl. d. Beauchamp	?	Calcaires à *Corbis major* de Ronca.	?	?
Eocène moyen.	S.-étage supérieur.		Calcaire grossier supérieur.	?	Couches à Cerithes de Ronca.	?	?
Eocène moyen.	Sous-étage inférieur.	Calc. grossier infér.	Zone supér. à *Miliolites.*	Calcaire à *Conoclypeus conoideus* et *Num. perforata.*	Couches de S. Giovanni Ilarione.	Couches à *Num. perforata.*	Couches à *Num. perforata.*
Eocène moyen.	Sous-étage inférieur.	Calc. grossier infér.	Zone moy. à *Cer. giganteum.*	Marnes à *Xanthopsis Dufourii.*	Lignites de Monte Pulli.	Manque.	Manque.
Eocène moyen.	Sous-étage inférieur.	Calc. grossier infér.	Zone inférieure à *Num. lævigata.*	Calcaire à *Oriolampas Michelini.*	Calcaires de Busa-Ferri et calcaires de Monte Portale	Manque.	Manque.
Eocène moyen.			Lacune.	Lacune.	Couches de Monte-Spilecca à *Rhynchonella polymorpha.*	Manque.	Manque.

M. Sacco[1] a cherché à fixer exactement l'horizon du ligurien, nom créé par M. Mayer-Eymar pour le flysch ou macigno de la Ligurie. Le facies du flysch a commencé à se former bien avant l'époque du ligurien que l'on place habituellement entre le bartonien et le tongrien. L'auteur est arrivé à la conclusion que, dans la région de l'est, vers les collines de Casal, le bartonien, avec sa faune typique et son facies habituel, se place au-dessus du ligurien, entre celui-ci et le tongrien. Ailleurs, il a constaté que le bartonien typique renfermait des débris arrachés du ligurien qui était alors déjà émergé. Le bartonien présente dans le haut un passage insensible au tongrien, tandis qu'à sa base, il passe d'une manière tout aussi graduelle au ligurien par l'apparition des zones de « calcare alberese. »

M. Sacco admet cependant un sous-étage sestien, intermédiaire entre le tongrien et le bartonien, comme le montre le tableau suivant :

Tongrien. Marnes, sables et conglomérats. *Nummulites striata, Cardita Lauræ*, *Cyrena convexa*, etc.

Sestien. Sables, grès avec lentilles de lignite. *Nummulites vasca*, *N. Boucheri*, *N. Fichteli*, *Orbitoides.*

Bartonien. Marnes et bancs calcaires, avec *Lithothamnium*, *Num. complanata*, *N. biarritzensis*, *N. distans*, *N. striata, N. Lucasana*, *Orbitoïdes* nombreux, *Serpula spirulea*, *Ostr. gigantea*, *O. Martinsi*, etc.

Ligurien. Grès (macigno), *Nummulites* rares; *Assilina* et *Orbitoïdes* (argile scagliose), calc. alberese avec *fucoïdes;* argiloschiste avec *Helminthoïdes* (flysch).

Parisien. Calcaires arénacés riches en *Nummulites (N. Ramondi*, *N. striata*, *N. perforata*, *N. Lucasana)*, *Assilina*, etc.

Rappelant ensuite le rôle du ligurien des régions

[1] F. Sacco, Le Ligurien. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, XVII, 212-229, 1 tableau.

voisines, où il occupe aussi le même niveau, M. Sacco constate la difficulté d'assigner au flysch un niveau paléontologique, à cause de la rareté de ses fossiles, lorsque des terrains fossilifères manquent dans son voisinage; il mentionne les arguments tirés de la présence des *Nummulites* dans un certain nombre de localités des Alpes suisses. Il fait une critique de l'échelle des Nummulites de de la Harpe, dont il donne l'interprétation modifiée suivante :

8. N. striées (zone sup.). 7. N. réticulées.	Tongrien et Sestien.
6. N. lisses. 5. N. striées (zone moyenne)	Bartonien.
4. N. explanées (Assilines). 3. N. granulées. 2. N. subréticulées.	Parisien.
1. N. striées (zone inférieure).	Suessonien.

Le ligurien, tel qu'il a été créé, doit être placé au-dessus du bartonien et non au-dessous, comme on l'admet ordinairement. Le facies du flysch a commencé déjà à se développer dans certaines régions pendant le crétacé, et peut-être même à l'époque jurassique. Il ne doit donc pas être attribué à un étage géologique déterminé. Le nom de ligurien, appliqué au flysch de la Ligurie, doit être aboli comme nom d'étage bien qu'il puisse être conservé comme nom d'un facies spécial.

M. Mayer-Eymar [1] a décrit trois nouveaux Spondyles du parisien des Alpes; ce sont *Sp. alpinus*, May.-Eym.; *Sp. Gottfriedi-Kelleri*, M.-E. et *Sp. multicarinatus*, M.-E.

[1] Mayer-Eymer, Drei neue Spondylus aus dem unteren Parisian der Schweiz. *Vierteljahrschr. zürch. naturf. Gesellsch.*, 1888, I, 65.

MIOCÈNE. — La formation d'eau douce du miocène supérieur du vallon du Locle, appartenant à l'étage œningien, a fourni à M. JACCARD [1] beaucoup de fossiles, quoique le nombre des espèces soit peu abondant; certaines couches sont pétries de *Planorbes*, *Limnées*, *Hydrobies*, etc. A cette faunule malacologique s'ajoute un nombre relativement considérable de vertébrés. M. Jaccard décrit les découvertes faites successivement dans ce bassin, isolé du grand bassin suisse. On possède jusqu'à ce jour des restes plus ou moins bien conservés des espèces suivantes :

Machairodus, deux très petites dents; *Amphicyon*, deux molaires; *Mastodon*, fragments de lames d'émail; *Dinotherium*, une dent du *D. bavaricum*; *Listriodon splendens*, dents et fragments de mâchoire; *Rhinoceros* cf. *incisivus*, molaire et canine; *Hypotherium*, portion du tibia; *Palæomeryx Scheuchzeri* et autres espèces, dents et ossements. *Cervus* ou *Dinoceros*, astragale; *Antilope* cf. *cristata*, cornes; *Crocodilus*, dents et plaques dermales; *Testudo Escheri*, pièces de la carapace et du plastron; *Trionyx*, pièces de la carapace. Quoique appartenant avec certitude au miocène supérieur, les vertébrés du bassin du Locle et de la Chaux-de-Fonds offrent certaines analogies avec la faune de Pikermi (Grèce) et celle du Mont-Léberon (Vaucluse); il reste à déterminer si elle ne se lie pas plutôt à la faune de Sansan et de Simorre.

M. GOLLIEZ et LUGEON [1] ont décrit trois espèces nou-

[1] A. Jaccard, Sur les animaux vertébrés fossiles de l'étage œningien du Locle. *Bull. Soc. sc. nat. de Neuchâtel*, 1889.

[2] Golliez et Lugeon, Note sur quelques Chéloniens nouveaux de la mollasse langhienne de Lausanne. *Mém. Soc. pal. suisse*, XVI, 1889, 24 p., 13 pl. — *C. R. Soc. vaud. sc. nat. Arch.*, 1889, XXII, 73.

velles de tortues fossiles de la mollasse de Lausanne. On connaît maintenant douze chéloniens de l'étage langhien, quatre espèces terrestres, six paludines et deux fluviatiles, ce sont :

Testudo Escheri, Pict. et Humb.	*Cistudo Heeri*, Portis.
» *spec. ind.*, Portis.	» *Portisi*, Goll. et Lug.
Ptychogaster Gaudini, Pict. et H.	» *Kunzi*, Goll. et Lug.
» *rotundiformis*, Goll. et Lug.	*Emys spec. ind.*, Pict. et Humb.
Cistudo Razumowski, Pict. et H.	*Trionyx Lorioli*, Portis.
» *Morloti*, Pict. et Humb.	*Trachyaspis Lardyi*, H. v. Meyer.

M. Lugeon[1] a signalé un nouveau gisement de fossiles miocènes de l'époque langhienne dans la forêt de Sauvabelin sur Lausanne.

Les bancs de mollasse granitique, exploités dans les cantons de Saint-Gall et d'Appenzell, appartiennent, d'après M. Meyer-Eymar, au miocène inférieur (langhien d'eau douce). C'est dans une interstratification marneuse que furent trouvés, en 1887, deux fragments de mâchoire appartenant aux *Rhinoceros minutus*, Cuv. Le gisement, signalé par M. Früh[2], est une carrière entre Rehtobel et Vogelherd (Appenzell, Rhodes extérieures), le voisinage a fourni de nombreux restes de plantes dicotylédones subtropicales. Un autre fragment, provenant de la mollasse du Speicher, est une partie d'un maxillaire inférieur de *Rh. incisivus*, Mey., avec trois molaires.

M. Rothpletz[3] constate que les observations de

[1] *C. R. Soc. vaud. sc. nat. Archives*, 1889, XXI, 257.

[2] Dr J. Früh, Reste von Rhinoceronten aus des granitischen Molasse von Appenzell a/Rh. *Jahresber. St-Gall. naturf. Gesellsch.* 1886-87.

[3] A. Rothpletz, Ueber Gerölle mit Eindrücken. *Neues Jahrb. f. Min.*, 1889, I, p. 92-94.

H. Früh, contenues dans son mémoire sur la nagelfluh de la Suisse, confirment, malgré certaines différences, ses propres observations sur l'origine des galets impressionnés. M. Früh admet que la dissolution des matériaux par les eaux d'infiltration pourrait être, dans une certaine mesure, la cause des impressions observées dans les galets des poudingues miocènes, mais que la pression seule pouvait aussi produire des impressions. Suivant M. Rothpletz la pression ne peut être envisagée comme étant la seule cause des impressions, car on devrait en trouver les traces dans toutes les formations; mais il soutient au contraire qu'elle en est la cause déterminante, en produisant, au point de contact des galets, une plus forte dissolution du minéral. Cela explique la pénétration réciproque des galets les unes par les autres. Cette manière de voir repose sur des observations certaines et bien constatées par des expériences.

A la fin de son étude sur les Alpes suisses, M. SCHMIDT[1] rappelle l'origine probable des matériaux qui composent les poudingues miocènes du plateau suisse qui forment le sujet de la belle étude de M. Früh (*Revue* pour 1887); il insiste sur le fait que certaines roches cristallines contenues dans cette formation détritique ne sont pas métamorphosées, tandis qu'elles le sont dans leur gisement primitif des Alpes, ce qui paraît indiquer que leur émigration est antérieure à la grande dislocation de la chaîne. M. Schmidt pense que les blocs exotiques du flysch et certaines klippes sont les restes de montagnes disparues ayant existé entre la Forêt-Noire et les Alpes, idée analogue à celle émise, il y a longtemps déjà, par Studer et plus tard par Bachmann.

[1] *Loc. cit.*, p. 46, etc.

PLIOCÈNE. M. ROLLIER [1] a découvert, dans le vallon de St-Imier, un gisement de pliocène d'eau douce contenant des *Vivipara*, et qui se trouve immédiatement sous le glaciaire.

M. SACCO [2] a publié une étude sur le pliocène interalpin de Valsesia (Piémont). Il y distingue les étages *plaisancien, astien, fossanien,* et, parmi les terrains modernes, le saharien, le diluvien et la formation des moraines et des terrasses. Il conclut que, pendant l'époque pliocène, la mer pénétrait dans la vallée de la Sésia comme dans un fiord et y a déposé les assises marines des trois étages indiqués. Le plaisancien, qui est toujours très fossilifère, s'élève à 400 mètres ; ce sont des marnes et des sables bleus, interrrompus de couches jaunâtres sableuses et caillouteuses. L'astien se compose de sables jaunes, quelquefois de graviers ; il s'élève sur quelques points à 500 mètres. Le fossanien offre des alternances de couches graveleuses et caillouteuses avec bancs marno-sableux allant jusqu'à 500 mètres et représentant une formation littorale ou de delta.

TERRAINS QUATERNAIRES. — *Terrain glaciaire.* M. FALSAN [3] a publié un volume sur les phénomènes qui ont déterminé, accompagné et suivi la grande extension des glaciers quaternaires ; cet ouvrage résume clairement l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet.

L'auteur établit dans l'introduction le rôle qu'a joué la

[1] *C. R. Soc. vaud. sc. nat. Archives*, 1889, XXI, 256.

[2] Dr Fréd. Sacco, Il pliocene Entroalpino de Valsesia. *Boll. R. Comit. geol. Ital.*, 1888, nos 9 et 10, 20 p., 1 carte.

[4] A. Falsan, La période glaciaire étudiée principalement en France et en Suisse. *Bibl. scient. internat.*, 1889, 1 vol. 8°, 364 p., 105 fig., 2 pl.

chaleur à la surface du globe, et son influence sur les phénomènes naturels du monde inorganique et du monde organisé; il décrit les modifications qui ont conduit peu à peu à l'origine de la période glaciaire. Les théories les plus variées ont été imaginées pour expliquer les dépôts erratiques; des savants illustres n'ont pas su discerner ce que Perraudin, un simple montagnard, a démontré à de Charpentier. Ce nom restera toujours lié, avec celui de Venetz, à la théorie actuellement admise. Après les Alpes suisses, les Alpes françaises, les Pyrénées, le versant italien des Alpes, les Alpes orientales, bavaroises et autrichiennes furent explorées avec soin, et partout se montrèrent des traces d'anciens glaciers. Et maintenant il n'est aucune partie du globe où l'on n'ait pas trouvé des traces du phénomène glaciaire.

M. Falsan décrit ensuite le mode de formation des terrains d'alluvion en général et des dépôts glaciaires en particulier. La période dans laquelle se sont formés ces dépôts pourrait être nommée période pluvio-glaciaire. Tandis que les neiges s'accumulaient dans les hautes régions, d'abondantes précipitations atmosphériques engendrèrent dans les régions basses des ruissellements énormes et des cours d'eau immenses. L'auteur cite divers gisements et décrit le caractère particulier de ces dépôts, formés sous la double action des glaces en mouvement et des eaux qui en découlent. Il relève les particularités qui distinguent le terrain glaciaire, les traces laissées par le passage des glaciers, la forme et la composition des moraines et le paysage morainique, enfin les blocs erratiques, dont il donne de nombreux dessins. Puis il traite de l'action des anciens glaciers, de leurs érosions, de leurs dépôts de moraines profondes, etc.

L'auteur est d'accord pour diminuer sensiblement la part qui avait été attribuée à l'érosion glaciaire dans le creusement des vallées; il constate cependant l'affouillement produit par les glaciers en mouvement sur leur fond et le rôle qu'ont joué dans cette usure les matériaux des moraines profondes, les relations de celles-ci avec les moraines superficielles, l'érosion glaciaire, les caractères des polis glaciaires, les roches sillonnées et moutonnées, les éraillures et stries saccadées que l'on observe souvent. Il décrit ensuite le rôle des glaciers dans la formation de certains types de marmites de géants, leur influence dans la formation des fiords, dont les deux versants des Alpes offrent des exemples; quelques-uns d'entre eux sont encore maintenant occupés par des lacs, d'autres sont devenus des vallées. On ne peut attribuer aux glaciers le creusement des bassins lacustres, mais des barrages morainiques ont amené la formation de nombreux lacs dans les pays qui ont été recouverts par les glaciers quaternaires; des cuvettes creusées antérieurement à cette époque par l'érosion fluviale ont été préservées pendant l'époque quaternaire par un remplissage de glaces. Tels sont les lacs de fjords du nord des Alpes, lac Léman, lac des Quatre-Cantons, etc. Il en est de même des lacs de cette catégorie au sud des Alpes. Cependant, le creusement de beaucoup de petits lacs alpins des hautes régions est dû à l'érosion glaciaire, comme l'a démontré M. Böhm.

L'auteur décrit ensuite la formation des anciens glaciers, leur développement, la rapidité de leur progression; on a proposé des théories très diverses pour expliquer l'avancement énorme des glaciers quaternaires, dont les mouvements ne pouvaient cependant différer beaucoup de ceux des glaciers actuels. M. Falsan l'explique par le

double mouvement de glissement lent des glaces par l'effet de la pesanteur, et de la déformation de leur masse. Comme toute la masse ne glisse pas uniformément, il y a aussi des mouvements intérieurs, des phénomènes de fusion et de regel qui permettent à la glace de changer de forme sans changer d'état. Quant à la rapidité du mouvement, on sait que les glaciers groënlandais ont une marche beaucoup plus rapide que celle des glaciers alpins.

Il n'y a pas eu plusieurs époques glaciaires, mais bien des oscillations dans le mouvement des glaciers, comme l'indique l'existence d'une seule nappe de moraine profonde entre les Alpes et Lyon. La présence des moraines frontales prouve que le mouvement de recul a été saccadé.

Après avoir rappelé les diverses causes auxquelles on a attribué la période glaciaire, M. Falsan se rallie à l'opinion émise par MM. de la Rive et Alph. Favre. Il faut l'attribuer à des causes climatologiques, combinées avec une modification dans le rayonnement solaire. Une diminution de ce rayonnement, due à la concentration du soleil et un exhaussement simultané des chaînes de montagnes a été probablement l'origine de l'époque glaciaire; cette opinion est partagée par MM. de Saporta, de Lapparent, etc.

Les derniers chapitres de cet ouvrage sont consacrés au climat qui a exercé une si grande influence sur la faune et la flore de cette époque. Il a été très chaud pendant la période qui a précédé immédiatement l'époque glaciaire; les plantes des tufs de Meximieux (Lyon) attestent une température de 17° à 18° C., les végétaux de l'époque glaciaire même (Utznach, Dürnten) indiquent une température moyenne de 6° et 9° C.

L'homme préhistorique a été témoin de la grande extension des glaciers; il les a suivis dans leur mouvement de retrait et a dû modifier son existence avec leurs oscillations et les changements que subirent la flore et la faune pendant ce même temps.

En dernier lieu l'auteur décrit la répartition géographiques des terrains glaciaires.

M. Delafond[1] a publié une nouvelle note sur les terrains d'alluvion des environs de Lyon, en précisant surtout l'origine de certains de ces dépôts et la cause de l'altitude exceptionnelle des cailloutis alpins. Il distingue dans ces formations :

1. Alluvions post-glaciaires plus récentes. Dépôts formés par le Rhône et ses affluents alors que leur niveau était de 15 mètres environ plus élevé.
2. Alluvions post-glaciaires, épaisses de 20-30 mètres, remplissant des vallées parfois privées de cours d'eau.
3. Terrains glaciaires, moraine frontale, se développant sur plus de 50 kilomètres de longueur.
4. Alluvions pré-glaciaires avec allures tout à fait semblables aux formations 1 et 2; mais formées antérieurement. Elles ont été attribuées à des remaniements opérés dans une nappe uniforme de dépôts antérieurs. M. Delafond est plutôt disposé à les considérer comme des dépôts locaux, formés par les torrents s'échappant des glaciers quaternaires pendant l'époque où ces derniers s'arrêtaient dans le voisinage de Lyon. Les matériaux ont été empruntés aux moraines de ces glaciers. Ces dépôts ont en effet l'aspect de cônes de déjection.

Sur un point, M. Delafond a constaté la liaison immédiate entre un dépôt d'alluvion et la moraine terminale extrême du glacier du Rhône.

[1] M. Delafond, Note sur les terrains d'alluvion des environs de Lyon. *Bull. des services de la carte géol. de la France*, n° 2, 1889.

Dans la vallée de la Dombes, l'alluvion postglaciaire fait défaut. Quant à l'âge de ces divers dépôts, on peut le déterminer d'après la découverte d'un certain nombre de débris d'ossements d'*Elephas primigenius,* dans le préglaciaire, tandis que le postglaciaire renferme aussi les restes du *Bos priscus.*

L'auteur ajoute encore quelques remarques au sujet des graviers pliocènes à *Elephas meridionalis,* reconnus aux environs de Lyon ; il y a peut-être lieu de les attribuer à une première extension des glaciers à l'époque du pliocène supérieur.

Alluvions. — Loess. Une intéressante étude sur l'origine du loess, de sa faune et de la disposition des gisements suisses, est due à M. F. JENNY [1]. Après avoir rappelé les travaux antérieurs sur ce sujet, l'auteur établit que le loess suisse n'est pas partout de même nature, mais qu'il faut distinguer le loess typique, limon argilo-marneux poudreux, très fin, de couleur jaune contenant des poupées de loess, qui se voit aux environs de Bâle, dans la vallée de l'Aar, près d'Arau, et dans la vallée du Rhin (Saint-Gall), des dépôts de nature bien différente qui ont été signalés dans le canton de Berne par M. Baltzer sous le nom de loess; M. Jenny les nomme formations analogues au loess *(Loessähnliche Bildungen).*

Aux environs de Bâle le loess typique qui se relie au loess de la vallée du Rhin, occupe les deux rives du fleuve, forme partout la couverture des formations plus anciennes et se montre sur toutes les collines entre le Rhin et les hauteurs du Jura. L'auteur en décrit

[1] F. Jenny, Ueber Lœss und Lœssähnliche Bildungen in der Schweiz. Inaugural Dissertation. *Mitth. d. naturf. Gesellsch. Bern.*, 1889, p. 115-154. 1 pl.

les nombreux gisements, ceux de la vallée du Birsig, du Bruderholz, de Rutihard près Muttenz, de Riehen, de Bettingen, etc., et en énumère la faune. A Ruchfeld et Saint-Jacques, le loess paraît intercalé à des graviers charriés, qui attestent son origine fluviale. Les poupées du loess sont dues à l'agglutination de loess friable par des infiltrations d'eaux calcaires. Quant à la hauteur du loess au-dessus du niveau du Rhin (253 m.), l'altitude maximum des gisements observés va jusqu'à 340-358 m.; au Bruderholz elle atteint même 395 m.; c'est donc une hauteur de 100-140 m. au-dessus du Rhin. Malgré cette altitude considérable et l'absence de stratification dans le loess, M. Jenny n'hésite pas de regarder le loess comme une formation fluviale, produite à la suite de débordements, par un colmatage naturel.

La faune qui compte 20 espèces, dont 19 sont terrestres, ainsi que la nature essentiellement sableuse du limon (70-78 °/₀ de silice pour 16-18 °/₀ d'alumine et fer, et 2,5—3 °/₀ de $CaCO_3$) semble confirmer cette opinion. Le loess saint-gallois est analogue par son aspect et par ses gisements de celui de Bâle. Il est plus riche en carbonate de chaux (23 °/₀). La proportion de silice n'est que 55 °/₀, celle de l'alumine 17 °/₀. C'est donc la proportion de silice libre qui a diminué. Ce loess est en outre très riche en paillettes de mica. La faune a subi quelques modifications. Ce loess est aussi, selon M. Jenny, une formation fluviale; les gisements se trouvent spécialement dans deux golfes où le colmatage pouvait aisément se produire; le loess repose ici sur les graviers des terrasses ou sur des terrains plus anciens, de 20 à 80 m. au-dessus du Rhin.

Le loess des environs d'Aarau a été découvert par

M. Mühlberg (*Revue* pour 1885) et recouvre les hauteurs autour de cette ville, jusqu'à 468 m. d'altitude; la vallée de l'Aar est à 370 m. L'analogie de la composition (SiO_2 62 %; $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ 18 %; $CaCo_3$ 12 %) et de la faune avec le loess bâlois est presque complète. Contrairement à l'opinion de M. Mühlberg, qui voit dans le loess argovien une formation atmosphérique due au vent, M. Jenny lui attribue aussi une origine fluviale.

Les coquilles les plus fréquentes dans le loess bâlois et argovien sont toutes terrestres; ce sont :

Helix arbustorum, L.
» *villosa*, Drap.
» *sericea*, Mull., v. *glabella*,
» *pulchella*, Mull.
Zua lubrica, Mull.
Pupa muscorum. L.
Succinea oblonga, Drap.
» » var. *elongata*.

Les espèces des dépôts du canton de St-Gall sont :

Helix arbustorum, L.
» *villosa*, Drap.
» *sericea*, Mull., v. *glabella*,
» *pulchella*, Mull.
Hyalina nitidula, Drap.
Hyalina fulva, Mull.
Patula ruderata, Stud.
Zua lubrica. Mull.
Pupa muscorum, Lin.

La position géographique de ces deux régions explique facilement la différence de leurs faunes qui ne réside du reste que dans l'absence de *Succinea oblonga* dans le loess saint-gallois et la présence très abondante dans celui-ci de *Patula ruderata*, espèce exclusivement subalpine.

Les dépôts du canton de Berne décrits sous le nom de loess, sont très différents des précédents. C'est un terrain sableux, stratifié et plus résistant que le loess bâlois, quoique friable entre les doigts. Les poupées de loess qui y sont contenues, ne sont pas identiques à celles du loess typique, il semble qu'elles sont le produit d'un charriage.

On trouve constamment des dépôts tuffacés au milieu et à la partie supérieure de ce loess. L'épaisseur variable de ces dépôts, leur altitude très variable (720-770 m), l'isolement et l'extension très restreinte de chaque gisement, ne permettent pas de leur attribuer la même origine qu'aux précédents; ce sont au contraire des formations locales, dues, comme l'a déjà indiqué M. Bultzer, à la lévigation et au charriage des limons morainiques voisins; de là l'absence du triage des grains de sable, et la présence de tuf qui atteste un ruissellement lent. Les coquilles les plus fréquentes sont :

Helix arbustorum, Lin.	*Hyalina nitidula*, Drap.
» *villosa*, Drap.	» *cristallina*, Mull.
» *sericea* var. *glabella*, Mull.	*Zua lubrica*, Mull.
» *pulchella*, Mull.	*Pupa muscorum*, Lin.

En résumé, le loess typique (Bâle, Aarau et Rheinthal St-Gallois) a partout les mêmes allures; sa faune et sa composition concordent avec le loess de la vallée du Rhin allemand. C'est un dépôt de colmatage naturel. Sa formation date de l'époque glaciaire et les matériaux qui le composent proviennent des moraines et des dépôts des glaciers.

Le loess bernois diffère par ses allures, sa composition et son mode de formation du loess typique; il s'est formé à la même époque que celui-ci, mais dans d'autres conditions.

M. F. v. SANDBERGER[1] a étudié la faune du loess du Bruderholz, près Bâle, d'après des récoltes de coquilles faites par MM. P. et C.-F. Sarasin. Il cite les espèces suivantes :

[1] F. v. Sandberger, Die Conchylien des Lœsses am Bruderholz bei Basel. *Verhandl. naturf. Gesellsch.*, Basel, VIII, 1890, 796-801.

Hyalina cristallina, Mull.	*Pupa dolium*, Drap.
Succinea oblonga, Drap. v. *major.*	» *secale*, Drap.
Cionella (Zua) lubrica, Mull.	» *muscorum*, L.
Helix arbustorum, L. v. *alpestris.*	» *columella*, Benz.
Helix villosa, Drap.	» *pygmæa*, Drap.
» *sericea*, Drap.	*Clausilia gracilis*, Rossm.
» cf. *liberta* ou v. *glabra* de *H. sericea.*	» *parvula*, Stud.
	» *cruciata*, Stud.
Helix pulchella, Mull.	

M. Sandberger constate que ces coquilles appartiennent à trois groupes d'espèces; les unes sont répandues sur toute l'Europe; parmi elles, le *Succinea oblonga* qui habite surtout les contrées septentrionales; d'autres habitent aujourd'hui de préférence le Jura et les Alpes calcaires; d'autres enfin sont des espèces des hautes Alpes et des régions arctiques.

Les principales espèces du second groupe sont *Pupa doliolum, P. secale, Clausilia gracilis*; la plus caractéristique est *Helix arbustorum*, var. *alpestris.*

Les plantes déterminées par O. Heer sont des espèces des hautes Alpes et des régions arctiques. L'auteur affirme en terminant que l'origine éolienne du loess est inadmissible.

M. Schardt[1] a reconnu dans la falaise des Tattes, près de Nyon, au-dessus de la craie lacustre (voir plus loin), séparée de celle-ci par 1 m. de graviers, une couche de limon argilo-sableux (0 m., 40) contenant de nombreuses coquilles de mollusques terrestres semblables à celles du loess. Des graviers appartenant aux anciens charriages du Boiron recouvrent ce limon. Le limon argilo-sableux ou

[1] H. Schardt, Étude géologique sur quelques dépôts quaternaires du canton de Vaud. *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, 1889, XXV, 79-98, 2 pl.

loess réapparait le long du cours du Cordex ou Promenthouse, entre Coinsins et Duillier, en aval du pont du Cordex (464 m.). Malgré la ressemblance de la faune et l'aspect du terrain, on ne peut identifier ce limon avec le loess typique; il n'est pas non plus possible de le ranger parmi les formations analogues au loess, trouvées dans le canton de Berne et qui renferment souvent des dépôts de tuf. Le limon du Cordex représente plutôt une formation due à des débordements de ce torrent, à une sorte de colmatage naturel, origine qu'on attribue aussi au loess du Rhin ; la plus forte pente expliquerait la nature plus grossière de ses matériaux. Quant au dépôt des Tattes, c'est à des débordements du Boiron qu'il faudrait l'attribuer. La faune, entièrement terrestre, se compose d'espèces encore vivantes, dont les plus communes pour les deux localités (T = Tattes, C = Cordex) sont : *Zua lubrica*, C.; *Succinea putris*, C.; *Succ. oblonga*, C.; *Bulimus obscurus*, T., *Helix arbustorum*, T., C.; *H. pulchella*, C.; *H. nemoralis*, *H. fruticum*, T., C.; *H. sericea*, T., C.; *H. candidula*, C.; *H. obvoluta*, T.; *Hyalina nitens*, T., C.

Craie lacustre ancienne. — M. CRUCHET[1] a trouvé en amont de Pailly, près de Lausanne, une couche de tourbe noirâtre superposée, à une profondeur de deux mètres, à un lit de *craie lacustre* et recouverte de marne argileuse et de terre végétale. Voilà la coupe de cette localité, qui se trouve à 680 m. d'altitude au N. de Pailly :

Terre végétale	30-40 cm.
Marne argileuse blanchâtre	1 m. 50.
Argile blanche pure...................	6-8 cm.
Tourbe terreuse noire	50 cm.
Craie lacustre avec coquilles...........	1 m.

[1] *Compte rendu Soc. vaud. sc. nat. Archives.* XXI, 1889, p. 256 et 258.

La craie lacustre n'a pas été encore constatée parmi les sédiments du lac Léman, et il est peu probable qu'elle existe dans les dépôts qui se forment actuellement dans ce bassin. M. Schardt[1] a décrit le seul gisement qu'on en trouve sur ses bords: il n'appartient pas aux dépôts actuels, mais il date d'une époque où le niveau du lac était de 9-10 m. plus élevé que maintenant. La craie lacustre est interstratifiée aux sables et graviers qui forment la rive du lac, et dont la falaise au S.-O. de Nyon montre la coupe. On a trouvé quelques affleurements détachés sur un kilomètre de longueur. La composition de ce terrain est identique à celle des échantillons retirés d'autres lacs suisses; l'analyse microscopique indique aussi les caractères reconnus par M. Kaufmann dans la craie lacustre.

Les profils de la berge, relevés sur trois points, montrent ce terrain recouvrant des sables et graviers stratifiés par le lac, qui reposent à leur tour sur l'argile glaciaire. La présence de cette dernière a produit sur plusieurs points des glissements qui pourraient faire croire à des répétitions du dépôt de cette craie. Les plus beaux affleurements se trouvent près des *Tattes* et au S.-O. de la campagne de *Colovray;* entre ces deux points existe, sur une grande longueur, une falaise formée de couches de sables et graviers dans laquelle la craie paraît faire défaut; cette falaise, qui borde le petit plateau de la *Potence*, est intéressante par la succession régulière des anciens sédiments lacustres qu'on y observe.

La faune de la craie lacustre n'est pas la même dans les deux stations indiquées. Aux Tattes, elle se distingue

[1] H. Schardt, Étude géologique sur quelques dépôts quaternaires, etc., *loc. cit.*

par une grande abondance de *Bythinia tentaculata* et *Planorbis complanatus*, qui sont relativement rares à Colovray. Dans le dernier gisement, on trouve en plus grand nombre *Limnaea auricularia, Valvata piscinalis, Planorbis spirorbis; Pisidium Cazertanum* (*P. cinereum*) et plus rarement *Limnaea palustris, L. truncatula, Planorbis nautileus* et *Pisidium obtusale*. L'absence de *Limnaea stagnalis* et des *Unio* et *Anodontes* mérite d'être constatée.

Formations récentes. M. SCHARDT[1] a étudié un terrain d'un genre particulier qui se rencontre près de Vallorbes et qu'il nomme limon calcaire crayeux. Par sa composition chimique et par ses propriétés microscopiques, ce terrain rappelle absolument la craie lacustre, dont il a l'aspect et la texture ; mais la faune est exclusivement terrestre et se compose d'espèces de l'époque actuelle. Les meilleurs gisements de limon crayeux, étudiés jusqu'à présent, se trouvent sur les deux rives de l'Orbe, en aval de Vallorbes, bien au-dessus du niveau de cette rivière et à des hauteurs différentes, en sorte qu'il n'est pas possible de leur attribuer une origine lacustre. L'existence de sources fortement calcaires, se perdant en partie dans le gazon, sous lequel ce limon se montre sur 1-2 m. d'épaisseur, explique sa formation. C'est une précipitation de carbonate de chaux à l'état de molécules cristallines (il en contient 89 °/₀), formé pendant le ruissellement lent des eaux à travers la nappe végétale; les coquilles vivant sur place ont été fossilisées en même temps, ce qui explique leur excellente conservation. Les principales, parmi les 40 espèces de cette faune, sont : *Acme fusca*, *Pomatias maculatum*, *Carychium minimum*,

[1] H. Schardt, Étude géol. sur quelques dépôts quaternaires, *loc. cit.*

Pupa doliolum, Zua lubrica, Bulimus montanus, B. tridens, Helix obvoluta, H. personata, H. depilata, H. arbustorum, H. hortensis, H. sylvatica, H. villosa, Patula rotundata, Hyalina nitens, Hyal. cristallina et même *Vitrina major*. Un endroit a fourni quelques espèces d'eau douce : *Limnaea truncatula, L. peregra, Pisidium Cazertanum*. Un terrain analogue à celui de Vallorbes, avec les mêmes coquilles terrestres, a été trouvé à Territet, près Montreux.

M. SCHARDT[1] a remarqué dans le Bas-Valais, au-dessus d'Outre-Rhône et de Dorénaz, un sable léger, fin, micacé, qui remplit, à 100-300 m. au-dessus de la vallée, de légers enfoncements; il est lui-même recouvert de végétation. C'est très probablement une formation éolienne, due aux forts vents balayant les pentes desséchées et dénudées en amont de cette région. Le changement de direction de la vallée occasionne un ralentissement considérable du courant, en sorte que le limon qu'il maintient suspendu est déposé sur le gazon, qui continue à végéter; les coquilles des mollusques vivant sur place sont ainsi enfouies.

Éboulements. M. S. CHAVANNES[2] a résumé à nouveau les documents que l'on possède au sujet de l'éboulement du Tauredunum, sur lequel les chroniqueurs n'ont donné que des renseignements très obscurs. Les études de Morlot, de Troyon, Chavannes, etc., paraissent démontrer que cet éboulement est descendu du sommet du Grammont, du côté de la vallée du Rhône, par le vallon de la Dérochiaz, au-dessus des Évouettes.

[1] *C. R. Soc. vaud. sc. nat.*, 1889, 4 déc. *Archives sc. phys. et nat.*, XXIII, 90.

[2] Sylvius Chavannes, L'éboulement du Tauredunum. *Bull. Soc vaud. sc. nat.*, XXIV, 1889, 1-6.

Ce travail a été reproduit en partie par M. A. CONSTANTIN [1], qui appuie cette opinion.

Monument préhistorique. M. G. MAILLARD [2] consacre un article au dolmen de la *Pierre aux Fées*, près Reignier (Haute-Savoie), qui se compose d'un bloc plat supporté par trois blocs plus petits. Il remarque que ces blocs de protogine, ainsi que quelques blocs épars du voisinage, forment un contraste frappant avec la grande moraine de blocs exclusivement calcaires au bord de laquelle trouve ce monument préhistorique. Les blocs composant le dolmen ont subi le travail de l'homme, travail grossier qui est cependant fort visible. Leur isolement dans cette région, où les protogines du Mont-Blanc font d'ailleurs entièrement défaut, fait penser M. Maillard que, non content d'avoir taillé ces pierres par quelque procédé primitif, le peuple préhistorique les a amenés d'une localité du voisinage, d'Ésens peut-être, où les blocs de protogine sont abondants.

Glaciers actuels. M. V. PAYOT [3] a continué ses observations sur les variations des glaciers dans la vallée de Chamonix ; voici ses observations pendant l'année 1888 :

Glacier des Bossons. Retrait de 3 m. du 7 octobre 1887 au 12 octobre 1888 et abaissement de 10 m. de la surface au plateau inférieur. Le pavillon de la grotte du glacier, commencé en mai 1888, s'est trouvé le 12 octobre de la même année 50 m. plus bas. Pendant ce temps, le volume de la glace disparue doit avoir atteint 750,000 m^3. Du 12 octobre 1888 au 20 mai 1889, l'allongement a de nouveau atteint 14 m. 50.

[1] A. Constantin, L'éboulement du Tauredunum. *Revue savoisienne*, XXX, 1889, 1889, 221-216 et 257-261.

[2] G. Maillard, Quelques mots sur le dolmen de Reignier. *Revue savoisienne,* 1889, 147-151.

[3] V. Payot, Note sur les variations des glaciers dans la vallée de Chamonix. *Revue savoisienne*, 1889, p. 181-182.

Glacier des Bois ou *Mer de glace.* L'étendue superficielle n'a pas varié, mais l'ablation a été aussi forte qu'au glacier des Bossons.

Glacier d'Argentières. Ce glacier a avancé de 12 m. du 13 octobre 1887 au 26 octobre 1888. L'épaisseur aussi a augmenté.

Le glacier du Tour est aussi en progression. Du 13 octobre 1887 au 7 juillet 1888 il a reconquis 36 m. 50 de terrain.

M. le prof. A FOREL [1] a publié la suite de ses recherches sur les variations périodiques des glaciers ; il constate que 41 glaciers suisses viennent de commencer une période d'accroissement. Tous les autres glaciers des Alpes occidentales et centrales et ceux des Alpes orientales, sont encore stationnaires ou en décroissance.

Il a paru un mémoire important de M. RICHTER [2] sur les glaciers des Alpes orientales dans lequel l'auteur examine et décrit 1012 glaciers. Ce travail mérite l'attention des géologues suisses. Une étude de ce genre manque encore pour les glaciers de notre pays.

[1] F.-A. Forel, Les variations périodiques des glaciers des Alpes. *Jahrbuch. S. A. C.*, t. XXIV, 1888-89, 9me rapport, 345-374.

[2] Ed. Richter, Die Gletscher der Ostalpen. *Handbücher zur deutschen Landes u. Volkskunde,* III, 1888.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

AUG. BISCHLER et S. BRODSKY. SUR LA M. NITRO ET P. BROME O. NITROPHÉNYLHYDRAZINE. (*Berichte*, XXII, p. 2809, Zurich.)

Ces combinaisons ont été obtenues respectivement de la m. nitraniline et de la p. brome o. nitraniline en les diazotant, puis réduisant par le chlorure d'étain; la p. brome o. nitrophénylhydrazine peut seule être réduite par l'amalgame de sodium en une triazine; la m. nitrohydrazine ne se réduit pas plus loin que la m. phénylènediamine. Les auteurs n'ont pas réussi à préparer la p. nitrophénylhydrazine.

La m. nitrophénylhydrazine $C_6H_7N_3O_2$ cristallise sous forme d'aiguilles jaunes fusibles à 93°. Elle se combine facilement avec les aldéhydes et les cétones. La p. brome o. nitrophénylhydrazine $C_6H_3Br(NO_2)NH.NH_2$ forme de longues aiguilles d'un rouge foncé fusibles à 130° ; sa triazine $C_6H_3BrN_3CH$ forme des aiguilles jaunes très solubles dans l'eau chaude. De nombreux dérivés de ces corps ont été préparés et analysés par les auteurs.

C. HOFFMANN. ACIDES HYDROXAMIQUES DE LA SÉRIE GRASSE. (*Berichte*, XXII, p. 2854, Zurich.)

Les acides hydroxamiques de la série grasse, presque inconnus jusqu'ici, se forment facilement par l'action de l'hydroxylamine sur les amides

$$C_nH_{2n+1}CONH_2 + NH_2OH = NH_2C^nH_{2n+1}C\begin{cases}NOH\\OH\end{cases}$$

L'acide acéthydroxamique $CH_3C\begin{cases}NOH\\OH\end{cases} + \frac{1}{2}H_2O$ fond à 58°-59°, il présente une réaction neutre, contrairement aux acides analogues. L'auteur poursuit la préparation et l'étude des homologues supérieurs.

M. Nencki et N. Sieber. Acide paralactique obtenu par la fermentation du sucre de raisin. (*Monat. f. Chem.*, 10, p. 532, Berne.)

Ces chimistes physiologistes ont découvert un microcoque anaérobie qui transforme par fermentation le sucre de raisin en acide paralactique.

A. Hantzsch. Produits de décomposition de l'acide chloranisique. (*Berichte,* XXII, p. 2841, Zurich.)

L'auteur a montré[1] que l'acide chloranisique traité par le chlore donne l'acide trichlordicétopentaméthylèneoxycarbonique (I), celui-ci par l'acide sulfurique fournit l'acide trichlordiacétylglyoxylique (II), et par un excès d'acide hypochloreux, l'hydrate de l'acide tétradicétopentaméthylène oxycarbonique (III), ce dernier par le brome et l'eau à 130° se transforme en tétrachloracétone dibromée symétrique (IV) et par réduction au moyen du zinc en poudre, en acide dichlordicétopentaméthylène oxycarbonique (V). L'acide I réduit de même fournit l'acide monochlordicétopentaméthylèneoxycarbonique (VI) et par l'oxydation au moyen de l'eau et du brome à 130°, la tribromacétone trichlorée (VIII) probablement avec formation passagère du trichlortricétopenta-

[1] *Archives*, XXI, p. 69, où il y a une faute d'impression, il faut lire partout anisique au lieu de anilique, *Berichte*, XXI, 2421.

méthylène (VII) qui peut être obtenu directement par l'action du chlore. Enfin si l'on fait agir l'acide hypochloreux sur l'acide trichlordiacétylglyoxylique (II) on obtient l'hydrate de l'acide tétrachlordiacétylglyoxylique (IX) et de celui-ci par un excès d'acide hypochloreux, l'acide dichlorpyruvique (X) qu'on peut facilement bromer.

```
        COOH               COOH
         |                  |
        COH                COH
        /  \               /  \
  (V) CH2   CCl2         CH2   CHCl  (VI)
        \   /              \   /
        CO—CO              CO—CO
                             ↑
                            COOH               COOH
                             |                  |
                            COH  (I)            CO
                            /  \               /  \
                         CCl2   CHCl  ——→  CCl2H  CClH  (II)
                            \   /              \   /
       COOH                 CO—CO              CO—CO
        |                ↙    ↓                  ↓
       C(OH)                CO   (VII)         COOH
       /   \               /  \                  |
(III) CCl2   CCl2       CCl2   CHCl            C(OH)2    (IX)
       \    /              \   /               /   \
     C(OH)2—CO             CO—CO            CCl2H  CCl2
         ↓                   ↓                 \   /
        CO   (IV)           CO  (VIII)         CO—CO
       /  \                /  \                  ↓
  CCl2Br  CCl2Br      CCl2Br  CBr2Cl           COOH        COOH
                                                |           |
                                          (X)  CO   ——→    CO
                                                |           |
                                              CHCl2       CBrCl2
```

M. Nencki et A. Rotschy. Hématoporphyrine et bilirubine. (*Monatschrift f. Chem.*, 10, p. 568, Berne.)

Ces chimistes ont, par la méthode de Raoult, fixé leur for-

mule empirique, qui est pour les deux substances $C_{16}H_{18}N_2O_3$, et non le double. L'hématoporphyrine, réduite par l'étain et l'acide chlorhydrique, donne un produit qui ressemble à l'urobiline, obtenue par réduction de la bilirubine, mais la matière colorante obtenue n'est pas identique; dans l'organisme, l'hématoporphyrine est réduite par l'hydrogène naissant d'une manière analogue. Pour déceler la présence de l'urobiline, on acidifie par HCl, extrait par l'alcool amylique, solution qu'on examine au spectroscope ou à laquelle on ajoute une dissolution alcoolique ammoniacale de chlorure de zinc; il se produit une belle fluorescence verte.

M. NENCKI. DÉCOMPOSITION DE L'ALBUMINE PAR DES SCHIZOMYCÈTES ANAÉROBIES. (*Monat. f. Chem.,* 10, p. 506, Berne.)

L'auteur a étudié, avec V. Bovet, l'action sur l'albumine du sérum de trois bacilles anaérobies, le bacille liquefaciens magnus, le b. spinosus et le bacille du charbon symptomatique; les fermentations ont eu lieu dans des atmosphères d'azote, d'hydrogène et d'acide carbonique; l'action terminée, on distille, après avoir ajouté de l'acide oxalique; on obtient des gaz et des acides gras volatils jusqu'à l'acide capronique; les gaz qui ont été étudiés par Nencki et Sieber renferment de l'acide carbonique 97,1 %, 2,63 % d'hydrogène, de l'hydrogène sulfuré et d'autres gaz absorbables par la potasse; l'odeur est due à du méthylmercaptan qui a été isolé; le liquide extrait ensuite par l'éther ne renferme que trois acides, dont la proportion varie suivant la durée de la fermentation et le ferment employé, ce sont l'acide phénylpropionique, l'acide p-oxylphénylpropionique et l'acide skatolacétique

$$C_6H_5\left\langle\begin{matrix} C(CH_3) \\ NH \end{matrix}\right\rangle \!\!\!\!\begin{matrix}\| \\ \end{matrix} C.CH_2COOH.$$

Prismes fusibles vers 134°.

Ces résultats confirment l'opinion de Salkowsky, qui admet dans l'albumine trois groupes aromatiques, celui de la

tyrosine, celui de l'acide phénylamidopropionique et celui de l'acide skatolacétique.

Richard Hafner. Action du brome sur la paratoluidine en présence d'acide sulfurique concentré. (*Berichte,* XXII, p. 2902, Zurich.)

Si l'on brome la paratoluidine en présence d'acide sulfurique concentré, cet acide provoque la formation d'un dérivé qui renferme Br dans la position o. m., relativement au groupe amide et dans la position ortho relativement au groupe méthyle; l'action du groupe amide sur le groupement normal des atomes est donc presque entièrement annulée par la présence de l'acide sulfurique concentré.

K. Heumann et Hermann Rey. Matières colorantes du groupe des benzéines. (*Berichte,* XXII, p. 3001, Zurich.)

Par l'action du trichlorure de benzyle sur les m. amidophénols mono- ou dialkylés, on obtient une nouvelle classe de matières colorantes, les rosamines, qui ressemblent beaucoup aux rhodamines correspondantes. On a, par exemple, avec le diméthyl m. amidophénol,

$$C\begin{cases}C_6H_5\\Cl_3\end{cases}+2C_6H_4\begin{cases}N(CH_3)_2\\OH\end{cases}=C\begin{cases}C_6H_5\\C_6H_3-N(CH_3)_2\\\quad\;\;>O\\C_6H_3-N(CH_3)_2Cl\end{cases}+HCl+H_2O.$$

Les sels de la tétraméthylrosamine sont très solubles dans l'eau, avec une belle couleur bleue et une fluorescence jaune rouge très vive.

Les rosamines sont réduites par la poussière de zinc, et les produits ne s'oxydent pas à l'air.

R. Nietzki, Auguste Dietze et H. Mæckler. Matières colorantes de la résorcine de Weselsky. (*Berichte,* XXII, p. 3020, Bâle.)

Les auteurs proposent d'appeler résazurine, la diazorésorcine de Weselsky, et résorufine, sa diazorésorufine, en considération de ce qu'elles ne renferment pas le groupe diazoïque. L'étude de la résazurine conduit à la formule $C_{12}H_7NO_4$; le bleu non fluorescent, de Weselsky, serait la tétrabromrésazurine; la résazurine se transforme facilement en résorufine, qui a pour formule $C_{12}H_7NO_3$; tous deux réduits donnent l'hydrorésorufine, qui renferme trois groupes hydroxyles $C_{12}H_6N(OH)_3$; le dérivé triacétylé fond à 216°. Cette hydrorésorufine, distillée avec la poussière de zinc, donne beaucoup de diphénylamine; elle peut se combiner avec la résorufine.

Suivant les auteurs, la résorufine aurait pour constitution :

O

O= [structure : deux noyaux reliés par O et N] OH

N

l'hydrorésorufine serait

$$OHC_6H_3\langle{}^{O}_{NH}\rangle C_6H_3OH$$

et le groupe chromophore serait le reste chinonimidé $O=C_6H_4=N$, et non pas la phénoxazine de Bernthsen.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

Séance du 5 mars 1890.

F.-A. Forel, prof. : 1° Pierres de la moraine d'Yvoire; 2° Tempête du 27 janvier 1890 à Partenkirchen, en Bavière; 3° Genèse du lac Léman. — Schardt, prof. Trituration des bancs de calcaire dolomitique. — Renevier, prof. Discordance inverse de Vuargny.

M. F.-A. Forel a reçu de M. A. Delebecque, ingénieur à Thonon, deux pierres récoltées par un pêcheur dans la moraine submergée d'Yvoire.

La première est un bloc de gneiss alpin couvert de tiges du *Thamnium alopecurum*, var. *Lemani*, Schnetzler; les insertions y sont bien conservées et peuvent se prêter à l'étude. Autour de ces tiges apparaissent des filaments verts, qui semblent être des algues, et qui peut-être sont simplement du *prothallium* ou *protonema* de la mousse. Dans ces deux alternatives, cette production est intéressante, et elle est recommandée à l'étude de nos botanistes.

La seconde pierre est un morceau de calcaire alpin, profondément érosé, creusé des cavités globulaires déjà décrites, qui sont caractéristiques de l'érosion des rochers calcaires de cette moraine. L'insertion des tiges de mousse sur cette pierre et la couleur brunâtre spéciale indiquent avec sûreté quelle est la partie de la pierre qui émergeait hors de la vase et était baignée dans l'eau. Or c'est la face inférieure de la pierre, celle qui était enfouie dans l'argile lacustre, qui seule présente les cavités d'érosion. L'érosion est due non à l'eau,

mais à un agent contenu dans la vase. M. Forel l'attribue à de l'acide carbonique gazeux qui doit se dégager de la vase : les bulles de gaz seraient arrêtées par les aspérités de la pierre, et y creuseraient des cavités qui s'approfondiraient de bas en haut par la répétition de l'arrêt aux mêmes points du gaz dissolvant le calcaire. Quelle est l'origine de cet acide carbonique libre dans une marne argileuse d'un jaune clair, parfaitement propre, très pauvre en matières organiques? C'est ce qu'il faudra rechercher.

Au nom de M. M.-F. Ward, M. Forel communique des observations très curieuses faites par ce physicien à Partenkirchen, en Bavière, à une altitude de 722 mètres, le 27 janvier 1890, pendant une tempête du nord-ouest. Les lectures du psychromètre, sur deux séries d'instruments indépendants les uns des autres, confirmées par la lecture de deux hygromètres à cheveu, montrent une sécheresse extrême de l'air. La température de l'air étant de 12° environ, l'humidité absolue était de 0,9^{mm} et l'humidité relative de 4 à 8 pour cent. Voici une des séries de chiffres originaux de M. Ward. (Dans une cage de modèle allemand sur une fenêtre au nord, les thermomètres à 20 pieds au-dessus du sol.)

	PSYCHROMÈTRE.					HYGROMÈTRE à cheveu de	
Heure.	Thermomètre sec.	Thermomètre humide.	Différence.	Humidité absolue.	Humidité relative.	Lambrecht.	Höttingen.
8 mat.	5.5°	1.3°	4.2°	2.6 mm.	40 %	40 %	40 %
2 soir	13.0	3.8	9.2	0.9	8	5	5
3	12.6	3.8	8.8			5	5
4	12.2	3.4	8.8			7	4
5	12.2	3.2	9.0			7	4
6	12.2	3.0	9.2			7	4
8	11.4	3.0	8.4	1.0	10	10	6
9	10.0	3.4	6.6	2.0	25	20	20

La sécheresse de l'air était extraordinaire, à en juger d'après les sensations désagréables de la peau; les plumes d'oie se fendaient, l'encre séchait dans les encriers. Une couche de 5 cm. de neige à 9 h. avait disparu à 2 h. après-midi,

M. Forel continue l'exposé de sa théorie sur l'origine du lac Léman. (Voyez séance du 6 février de la Société de physique de Genève, *Archives*, t. XXIII, p. 184.)

M. le Dr Schardt est d'avis que l'origine du bassin du Léman ne se lie pas directement à celle de la vallée du Rhône. La vallée du Rhône a existé avant la dépression du Léman, soit pendant l'époque miocène, tandis que le creusement de la vallée du lac est postérieur à cette époque, de même que l'approfondissement final de la vallée du Rhône. L'érosion du bassin du Léman doit avoir été déterminée et facilitée par des causes orographiques, dans sa partie supérieure entre Bex et St-Gingolph par la convergence (Schaarung) des chaînes des Préalpes qui doit avoir coïncidé avec un abaissement de celles-ci, puis par une faille très manifeste qui suit le pied du Grammont entre la Porte du Sex et St-Gingolph, mettant en contact le tertiaire avec le jurassique inférieur et le lias. M. Schardt se déclare d'accord avec la théorie de M. Forel, d'attribuer la grande profondeur du lac à un affaissement des chaînes alpines; mais au lieu d'étendre cet affaissement à la chaîne entière, il serait tenté d'y voir plutôt la conséquence d'un affaissement du bord des Alpes par suite du renversement des plis, ce qui n'exclut pas la possibilité d'un enfoncement de la chaîne entière. L'enfoncement du pied des voûtes est démontré par l'expérience et explique non seulement l'existence des lacs sur les deux versants des Alpes, mais aussi la formation des lacs du pied du Jura.

M. le Dr Schardt, en rappelant la communication qu'il a faite (séance du 3 juillet 1889) sur l'*origine de la brèche salifère de Bex* et de la *brèche anhydritique* qui accompagne ces gisements, montre deux échantillons très démonstratifs à l'appui de l'action mécanique qui doit avoir trituré les bancs de calcaire dolomitique interposés aux assises d'anhydrite. Mais il a trouvé que la dislocation des bancs en contact avec une matière saline n'est pas exclusivement due aux mouvements ayant disloqué le sol, mais aussi aux phénomènes de recristallisation du sel, de l'anhydrite, etc., dans l'intérieur des fissures capillaires des roches. A l'appui de cette théorie, M. Schardt cite la désagrégation de grès mollassique par la pénétration d'eau chargée de chlorure de sodium et montre un cas bien plus concluant, une cuvette en faïence très compacte que de l'alun cristallisant lentement dans ses pores

avait fait éclater dans toutes ses parties, en détachant des lames et des plaques; la pénétration ne pouvait pourtant se faire que par quelques défauts imperceptibles dans l'émail; cette action se continue encore lentement suivant l'état hygrométrique de l'air, et a commencé à se montrer il y a trois ans.

M. le prof. Renevier montre une photographie des Rochers de Vuargny, sur la route d'Aigle au Sepey, laquelle reproduit une anomalie de stratification, qu'il désigne comme une *discordance renversée.* Les couches rhétiennes fossilifères, plongeant de 45° au S-E., reposent par leur tranche sur le Bathonien renversé, qui plonge de 60° à 65° au S. (Voir aux *Mémoires.*)

Séance du 19 mars.

Henri Dufour, prof. Nouvelles machines électriques par influence. — Guillemin, ing. Considérations générales sur le relief des continents. — Paul Busset. Formation d'une veine liquide dans un liquide.

M. Henry Dufour parle des *nouvelles machines électriques par influence.*

M. l'ingénieur Guillemin présente quelques considérations générales *sur le relief des continents.*

M. Paul Busset. Lorsqu'une veine liquide tombe dans l'air, la formation des gouttes à l'extrémité de la « partie continue » est très rapide. Aussi est-il difficile d'observer les différentes phases du phénomène, même en se servant du disque à fentes radiales de Savart ou de l'étincelle électrique.

En introduisant une résistance qui s'oppose à la transformation en gouttes, il est possible de ralentir assez cette transformation pour qu'on puisse l'observer très facilement.

Cette résistance est obtenue sous forme de frottements, en formant la veine non plus dans l'air, mais dans un liquide, c'est-à-dire en faisant arriver une veine d'huile dans un mélange d'eau et d'alcool.

Voici l'appareil très simple qui a été employé pour faire l'expérience : Un tube de verre, placé verticalement (6^{cm} de diam. sur 40^{cm} de long.), contient le mélange alcoolique. A l'extrémité inférieure du tube est adapté un bouchon traversé par un petit tube. A côté de ce tube et un peu en dessus est placé le réservoir à huile qui communique avec le petit tube par un tuyau en caoutchouc.

Lorsqu'on ouvre la communication avec le réservoir, on voit une colonne d'huile qui sort du petit tube et s'élève verticalement dans le mélange alcoolique (ce mélange était un peu plus dense que l'huile).

Tout en s'élevant la colonne s'épaissit et l'on voit se dessiner à son extrémité des renflements et des étranglements qui s'accentuent peu à peu. A un moment donné le renflement terminal n'est plus tenu à la partie continue de la veine que par un mince filet, celui-ci se rompt et la goutte détachée s'élève.

Au moment de la rupture du filet la colonne se raccourcit brusquement d'une certaine quantité, puis elle s'allonge de nouveau, en se renflant jusqu'à formation d'une nouvelle goutte; après il y a un nouveau raccourcissement, et ainsi de suite.

Tout se passe si lentement qu'on peut observer chaque détail du phénomène, par exemple la formation d'une très petite goutte (sphérule de Plateau) provenant de la rupture du filet.

Cette expérience est une modification de celles de Plateau et confirme sa théorie de la transformation des cylindres liquides en sphères isolées.

Il resterait à étudier quelle est l'influence, sur la veine liquide, de différents facteurs tels que la densité du mélange alcoolique et sa hauteur dans le vase qui le contient.

J.-L. SORET

Au moment même de mettre la dernière main à ce numéro nous avons la douleur d'apprendre la mort de notre excellent ami et collaborateur M. J.-L. Soret, et le triste devoir de l'annoncer à nos lecteurs en les priant de s'associer au deuil profond dans lequel elle nous plonge.

Nous reviendrons en détail dans un de nos prochains numéros sur la carrière scientifique de notre éminent collaborateur; pour aujourd'hui nous devons nous borner à l'expression de nos regrets qui seront partagés, nous le savons, il nous est doux de le penser, par les innombrables amis que M. Soret comptait au loin comme au près.

Né à Genève le 30 juin 1827, Jacques-Louis SORET se voua de bonne heure à l'étude de la physique à laquelle il a consacré sa vie tout entière. Élève de Regnault, il joignait comme lui à un jugement très sûr une grande habileté d'expérimentation et une extrême finesse d'observation. Ses nombreux travaux en font foi, tous présentent le même degré de fini et la même précision dans les méthodes. Citons tout particulièrement ses belles recherches sur l'électrolyse, celles sur l'ozone et son invention du spectroscope à oculaire fluorescent pour l'étude des radiations ultraviolettes.

Nommé professeur en 1876, il a enseigné la physique avec beaucoup de distinction à l'Université de Genève.

Membre depuis trente-cinq ans du Comité de Rédaction des *Archives des sciences physiques et naturelles*, il a présidé pendant plusieurs années à la publication de notre revue et n'a cessé de consacrer ses connaissances et son activité à travailler à son développement. Nous perdons en lui un collaborateur profondément aimé.

Saisi l'automne dernier en pleine carrière par les premières atteintes d'une maladie organique, qui ne laissait dès le début que peu d'espoir de guérison, il a supporté ces longues et cruelles souffrances avec une énergie et une sérénité qui ne se sont pas démenties un seul instant jusqu'à la fin, faisant l'admiration de tous ceux qui ont eu le privilège de l'approcher et de l'entourer de leur affection durant cette douloureuse période.

Ne permettant pas aux souffrances physiques d'entamer son activité intellectuelle, il a lutté et travaillé jusqu'au bout, faisant presque illusion à ceux qui le voyaient remporter cette victoire continuelle sur la maladie. En janvier dernier, très affaibli déjà, il allait encore à son laboratoire et achevait la rédaction d'un grand mémoire publié en collaboration avec M. Rilliet sur l'absorption des rayons ultraviolets par certaines substances.

Cette lutte courageuse ne pouvait cependant arrêter les progrès du mal et mardi dernier 13 mai J.-L. Soret s'éteignait après de nouvelles et violentes souffrances.

Cette vie si utilement remplie, cette précieuse collaboration laissent dans nos cœurs un souvenir de profonde et ineffaçable reconnaissance.

La Rédaction des Archives.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1890

Le 1er, forte bise de 4 h. à 7 h. du soir.

5, forte rosée le matin; tonnerres au sud à 2 h. 25 m. du soir.

6, très forte rosée le matin.

7, forte rosée le matin.

8, neige sur les montagnes environnantes.

9, forte bise jusqu'à 1 h. du soir.

12, très forte rosée le matin; giboulées de neige le matin.

14, forte rosée le matin.

15 et 16, très forte rosée le matin.

17, fort vent vers 5 h. du soir.

24, fort vent depuis 10 h. du soir.

25, très fort vent pendant la nuit, de 10 h. du matin à 1 h. du soir, et depuis 10 h. du soir.

26, neige sur le Salève.

29, brouillard enveloppant à 7 h. du matin.

30, très forte rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin	725,95
6 à 7 h. matin	727,47
10 à 9 h. matin	720,76
11 à 8 h. soir	720,47
22 à 1 h. matin	732,60
28 à 11 h. soir	726,84

MINIMUM.	mm
Le 3 à 4 h. soir	718,69
9 à 2 h. matin	715,28
10 à 10 h. soir	718,32
17 à 4 h. soir	707,86
25 à 1 h. soir	715,83

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Fract. de saturation en millièmes				Pluie ou neige		Vent dominant.	NÉBULOSITÉ MOYENNE	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h.			Midi.	Ecart avec la temp. normale.	
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+°	°	cm
1	726,37	+ 1,84	725,12	727,95	+ 9,75	+ 2,92	+ 6,7	+13,7	497	—221	340	670	...	...	NNE. 1	0,35	8,9	+1,6	111,8
2	723,99	— 0,53	721,10	726,89	+ 8,89	+ 1,92	+ 3,2	+15,3	463	—253	350	580	...	...	N. 1	0,42	9,0	+1,7	113,1
3	720,36	— 4,15	718,69	721,57	+ 9,76	+ 2,66	+ 4,9	+14,3	486	—228	310	640	...	...	N. 1	0,50	9,3	+1,9	113,4
4	722,69	— 1,81	720,77	725,10	+ 8,72	+ 1,48	+ 5,3	+13,0	601	—112	350	750	0,8	2	calme	0,87	9,5	+2,0	113,5
5	725,95	+ 1,46	725,08	727,13	+ 7,79	+ 0,41	+ 2,9	+15,0	628	— 83	410	820	2,4	1	variable	0,60	9,8	+2,2	111,0
6	726,34	+ 1,85	725,00	727,47	+ 8,27	+ 0,76	+ 1,3	+15,0	553	—157	270	740	...	...	calme	0,08	...	.....	112,0
7	722,08	— 2,40	718,21	725,47	+10,41	+ 2,76	+ 3,8	+17,4	519	—189	210	820	1,6	2	SW. 1	0,57	9,0	+1,2	111,5
8	716,18	— 8,30	715,42	717,77	+ 5,86	— 1,93	+ 1,6	+ 9,0	602	—105	370	790	3,7	4	variable	0,90	8,4	+0,6	111,2
9	717,53	— 6,95	715,28	720,34	+ 4,41	— 3,52	+ 1,0	+ 7,1	471	—235	280	760	0,6	2	NNE. 2	0,97	8,2	+0,3	113,0
10	719,58	— 4,91	718,32	720,76	+ 4,96	— 3,11	+ 1,7	+ 9,0	515	—189	340	700	0,7	2	variable	0,97	8,0	0,0	111,6
11	719,67	— 4,82	718,83	720,47	+ 3,57	— 4,64	+ 1,7	+ 8,1	679	— 24	480	830	4,4	5	variable	0,86	7,8	—0,3	111,8
12	719,73	— 4,77	719,10	720,32	+ 3,73	— 4,62	— 0,1	+ 7,8	556	—146	310	880	0,0	...	N. 1	0,57	7,8	—0,4	111,1
13	717,79	— 6,72	716,08	719,63	+ 3,88	— 4,61	— 2,3	+ 9,4	459	—242	210	670	...	...	N. 1	0,22	...	.....	110,0
14	714,13	—10,39	711,86	716,61	+ 6,97	— 1,66	+ 0,1	+14,0	479	—221	260	760	...	...	variable	0,72	8,1	—0,3	110,0
15	712,64	—11,89	711,13	714,11	+ 8,59	— 0,18	+ 1,9	+17,1	507	—193	320	750	0,3	1	variable	0,95	8,3	—0,2	109,0
16	713,08	—11,47	710,37	714,93	+10,21	+ 1,30	+ 3,1	+16,6	504	—195	260	780	...	...	calme	0,77	8,6	0,0	109,7
17	709,75	—14,81	707,86	712,37	+ 9,92	+ 0,87	+ 6,0	+15,1	580	—118	460	640	5,2	4	calme	0,95	8,7	0,0	110,2
18	715,36	— 9,22	712,35	719,08	+ 7,36	— 1,83	+ 3,3	+12,0	614	— 83	420	710	5,1	7	SSW. 1	1,00	8,6	—0,2	110,0
19	720,94	— 3,66	718,94	724,21	+ 9,39	+ 0,05	+ 5,9	+14,2	559	—138	330	730	8,4	14	S. 1	1,00	8,5	—0,4	110,0
20	728,10	+ 3,48	724,77	731,04	+10,54	+ 1,06	+ 7,0	+14,7	456	—240	310	590	...	...	NNE. 1	0,88	...	.....	112,0
21	731,85	+ 7,21	731,26	732,45	+10,01	+ 0,39	+ 7,0	+14,4	451	—245	290	570	...	...	N. 1	0,25	7,5	—1,6	113,0
22	731,25	+ 6,58	729,49	732,60	+11,58	+ 1,82	+ 3,2	+20,4	444	—251	180	640	2,4	6	SW. 1	0,90	7,7	—1,5	113,0
23	729,83	+ 5,14	728,85	731,10	+12,41	+ 2,50	+ 9,5	+17,0	428	—267	200	670	1,4	4	SW. 1	0,90	9,0	—0,3	111,0
24	726,72	+ 2,00	724,77	730,10	+10,54	+ 0,49	+ 7,3	+12,8	474	—221	350	600	4,7	7	SSW. 1	0,98	9,0	—0,4	112,0
25	719,27	— 5,48	715,83	724,92	+11,67	+ 1,47	+ 6,5	+18,2	430	—265	250	610	4,4	5	SSW. 2	0,93	8,9	—0,6	113,5
26	719,06	— 5,72	717,80	720,11	+ 7,84	— 2,50	+ 4,6	+12,2	469	—225	210	770	1,0	1	WSW. 1	0,57	7,1	—2,5	113,8
27	721,83	— 2,98	719,77	724,50	+ 7,12	— 3,36	+ 2,7	+12,5	700	+ 6	340	830	1,1	2	N. 1	0,98	...	.....	114,4
28	725,50	+ 0,66	724,71	726,84	+ 7,36	— 3,27	+ 5,2	+10,4	802	+108	630	880	2,0	4	N. 1	0,82	7,3	—2,5	115,0
29	725,29	+ 0,41	723,80	726,63	+ 8,14	— 2,63	+ 1,2	+13,6	721	+ 27	430	980	...	...	N. 1	0,30	7,5	—2,4	117,3
30	723,38	— 1,53	721,39	725,29	+10,56	— 0,36	+ 3,0	+16,2	640	— 54	440	840	...	...	N. 1	0,68	9,0	—1,0	117,5
																			118,5
Mois	721,54	— 3,23			+ 8,34	+ 0,63			543	—154						0,72	8,44	—0,34	112,50

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	722,53	722,25	722,77	722,84	721,86	721,17	721,53	721,90
2e »	716,90	716,63	717,16	717,36	716,88	716,51	717,50	718,02
3e »	726,10	725,74	725,94	725,90	724,97	724,50	724,82	725,21
Mois	721,84	721,54	721,95	722,03	721,23	720,73	721,29	721,71
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,02	+ 5,21	+ 5,50	+ 8,82	+11,08	+11,58	+ 8,33	+ 6,53
2e »	+ 5,08	+ 4,20	+ 5,06	+ 8,59	+10,79	+10,74	+ 8,21	+ 6,66
3e »	+ 7,47	+ 6,52	+ 7,97	+10,45	+12,89	+12,69	+10,70	+ 9,11
Mois	+ 6,19	+ 5,31	+ 6,17	+ 9,28	+11,59	+11,67	+ 9,08	+ 7,43
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	679	681	615	460	355	366	500	612
2e »	674	728	652	458	365	369	483	585
3e »	658	702	659	530	416	391	498	593
Mois	670	704	642	483	379	375	494	597

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	+ 3,24	+ 12,88	+ 8,90	0,62	9,8	112,21
2e »	+ 2,66	+ 12,90	+ 8,30	0,79	23,4	110,68
3e »	+ 5,02	+ 14,77	+ 8,11	0,73	17,0	114,60
Mois	+ 3,64	+ 13,52	+ 8,44	0,72	50,2	112,50

Dans ce mois l'air a été calme 25,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,64 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 17°,6, W. et son intensité est égale à 15,9 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1890.

Le 1er, brouillard depuis 10 h. du soir
2, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
3, brouillard pendant tout le jour.
4, neige de 10 h. du matin à 4 h. du soir; fort vent de 4 h. à 7 h. du soir.
8, neige pendant tout le jour; elle est emportée par une violente bise et sa hauteur ne peut être mesurée.
9, violente bise pendant tout le jour; neige jusqu'à 7 h. du matin; brouillard à 1 h. du soir.
10, neige dans la nuit; brouillard par une forte bise jusqu'à 7 h. du matin.
11, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; brouillard depuis 4 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir; neige dans la nuit.
12, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
14, fort vent depuis 1 h. du soir; neige à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir.
15, violent vent pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 4 h. du soir; neige depuis 7 h. du soir.
16, fort vent pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; neige de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
17, neige jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir; fort vent jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
18, brouillard par un fort vent jusqu'à 7 h. du matin; neige depuis 10 h. du soir.
19, neige jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; fort vent depuis 10 h. du soir.
20, brouillard de 4 h. du soir à 7 h. du soir.
23, brouillard pendant tout le jour; forte bise à 10 h. du matin.
24, forte bise jusqu'à 7 h. du matin; neige jusqu'à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.
25, neige dans la journée; fort vent de 1 h. à 7 h. du soir.
26, brouillard à 10 h. du matin.
27, neige à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir.
28, brouillard depuis 10 h. du matin; forte bise depuis 7 h. du soir.
30, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; fort vent depuis 10 h. du matin.

REMARQUE. — Le barographe a été remis en place le 5 avril 1890.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM

	mm
Le 5 à 10 h. soir	562,92
11 à 7 h. soir	554,67
14 à 10 h. matin	556,12
21 à 9 h. soir	568,35
31 à 10 h. matin	563,13

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 4 h. matin	558,17
9 à 5 h. matin	548,07
12 à 7 h. matin	552,85
17 à 11 h. matin	550,25
26 à 4 h. matin	553,90

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1890.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	564,18	+ 3,83	563,64	564,76	— 0,49	+ 4.99	— 4,4	+ 2,8	.....	.....	....	NE. 1	0,27
2	562,75	+ 2,35	561,21	564,56	— 3,64	+ 1,72	— 6,6	— 1,0	.....	.....	....	SW. 1	0,85
3	558,94	— 1,52	558,19	560,67	— 4,84	+ 0,40	— 8,0	— 1,7	.....	.....	....	SW. 1	1,00
4	559,66	— 0,86	558,17	561,46	— 6,94	— 1,82	— 8,0	— 4,0	160	5,5	....	SW. 1	0,80
5	561,89	+ 1,31	560,95	562,92	— 5,57	— 0,58	— 7,8	+ 1,0	.....	.....	....	SW. 1	0,30
6	562,66	+ 2,02	562,45	562,90	— 4,12	+ 0,74	— 8,2	+ 2,1	.....	.....	....	NE. 1	0,20
7	559,63	— 1'08	555,30	562,10	— 2,94	+ 1,80	— 7,5	+ 1,5	.....	.....	....	variable	0,58
8	551,49	— 9,29	549,20	555,00	—10,24	— 5.63	—12,6	— 4,0	.....	.....	....	NE. 3	1,00
9	550,43	—10.42	548,07	553,30	—11,51	— 7,03	—12,4	— 8,2	.....	.....	....	NE. 3	0,77
10	553,54	— 7,38	553,00	554,07	— 8,99	— 4.64	—12,0	— 6,5	170	8,3	....	NE. 1	0,40
11	553,72	— 7,27	552,98	554,67	— 9,29	— 5.07	—12,7	— 5,2	50	1,7	....	NE. 1	0,88
12	553,35	— 7,71	552,85	554,11	—11'01	— 6.92	—14,8	— 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,83
13	554,29	— 6.85	553,13	555,76	— 7,22	— 3,26	—12,1	— 1,9	.....	.....	....	SW. 1	0,10
14	555,71	— 5.51	555,35	556,12	— 6,79	— 2,96	— 7,2	— 4,0	80	6,2	....	SW. 2	0,92
15	554,75	— 6.55	553,97	555,95	— 5,44	— 1,75	— 6.5	— 2,5	100	10,0	....	SW. 3	1,00
16	554,21	— 7,17	553,00	555,28	— 4,34	— 0,79	— 4,9	— 2,0	220	18,2	....	SW. 2	1,00
17	551,05	—10,41	550,25	552.60	— 4,14	— 0,73	— 5,9	— 0,5	180	16,0	....	SW. 2	1,00
18	553,82	— 7,72	551,78	556 55	— 4,91	— 1,64	— 6,5	— 2,0	110	5,5	....	SW. 1	0,87
19	558,73	— 2.89	556,70	561,38	— 3,46	— 0.33	— 6,4	— 0,5	50	4,0	....	SW. 1	0,80
20	564.18	+ 2.47	561.75	566,50	— 1,41	+ 1,58	— 4,7	+ 4,4	.....	.....	....	SW. 1	0,47
21	567,46	+ 5.66	566,40	568,35	— 0.97	+ 1,88	— 5,8	+ 2,1	.....	.....	....	NE. 1	0,02
22	567,85	+ 5.96	566,90	568,30	+ 1,31	+ 4,02	— 3,5	+ 4,1	.....	.....	....	NE. 1	0,35
23	565.68	+ 3.70	565,20	566,80	— 1.17	+ 1,40	— 6,2	+ 5,8	.....	.....	....	NE. 1	1,00
24	562,65	+ 0,58	561,72	564,80	— 0,91	+ 1,52	— 4,8	+ 2,8	150	21,5	....	NE. 1	0,93
25	558,42	— 3,74	555,00	562,80	— 1,97	+ 0,32	— 6,2	+ 3,0	200	11,5	....	NE. 1	0,75
26	554 91	— 7,34	553,90	555,72	— 7,17	— 5,03	—10,5	— 3,5	.....	.....	....	SW. 1	0,50
27	557,77	— 4.57	555,90	559,80	— 4.32	— 2,33	— 8,0	— 1,7	40	3,8	....	SW. 1	0,58
28	560,12	— 2,31	559,45	560,97	— 4,77	— 2,92	— 7,9	— 0,5	.....	.....	....	NE. 1	0,85
29	561,47	— 1,05	560.60	562,55	— 2,36	— 0,65	— 7,6	+ 0,2	.....	.....	....	SW. 1	0,03
30	562,62	0,00	562,20	563,13	— 3,94	— 2.37	— 5,6	— 0,6	.....	.....	....	SW. 2	0,65
Mois.	558,60	— 3,03			— 4,78	— 1,51							0,66

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1890.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	559,11	558,32	558,44	558,63	558,50	558,33	558,47	558,36
2e » ...	554,86	555,56	554,91	555,34	555,55	555,60	556,02	556,23
3e » ...	562,23	561,60	561,67	561,91	561,92	561,74	561,98	562,12
Mois	558,73	558,16	558,34	558,63	558,65	558,56	558,82	558,90

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 7,02	— 4,87	— 3,26	— 3,88	— 6,17	— 6,83
2e » ...	— 6,43	— 4,30	— 3,59	— 4,20	— 6,03	— 6,71
3e » ...	— 2,98	— 0,26	+ 0,48	— 0,58	— 4,29	— 4,60
Mois	— 5,48	— 3,14	— 2,12	— 2,89	— 5,50	— 6,05

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	— 8,75	— 1,80	0,62	13,8	330
2e » ...	— 8,17	— 2,14	0,79	61,6	790
3e » ...	— 6,61	+ 1,17	0,57	36,8	390
Mois	— 7,84	— 0,92	0,66	112,2	1510

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,97 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 2,2 sur 100

SUR

L'ANALYSE DES ARDOISES

PAR

MM. Frédéric REVERDIN et Ch. DE LA HARPE

A l'occasion d'une expertise nous avons dû chercher par l'examen d'un grand nombre d'ardoises neuves et vieilles à nous rendre compte des causes qui déterminent, avec le temps, leur détérioration et à établir une méthode d'analyse permettant d'apprécier leur véritable valeur technique. Nous avons publié à ce sujet dans la *Chemiker-Zeitung,* janvier 1890, p. 64-95 et 126, et dans le *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, 1890, p. 393, un mémoire détaillé que nous allons résumer en y ajoutant quelques faits nouveaux observés depuis ces publications, et qui confirment en tous points nos conclusions.

L'opinion généralement répandue chez les personnes qui s'occupent d'ardoises [1] et qui est pour ainsi dire parole d'Évangile pour la plupart des spécialistes, c'est que la

[1] Voir à ce sujet : Prof. Dr H. Brunner, Ueber die Werthbestimmung der Dachschiefer. *Schweiz. Wochenschrift f. Pharmacie,* 1889, n° 10. — Revue géologique suisse pour 1889. *Archives,* 1890, p. 292.

qualité des ardoises dépend principalement de la proportion de carbonate de chaux et de pyrite qu'elles renferment ; *l'analyse chimique* pourrait donc donner des indications précieuses sur la valeur technique d'une ardoise et la constatation d'une certaine quantité de carbonate de chaux et de pyrite devrait, d'après cela, la faire considérer comme mauvaise.

Il résulte de nos recherches que cette opinion n'est pas justifiée par les faits. Nous avons pris en considération non seulement des ardoises sortant directement de la carrière mais encore des ardoises posées sur toit depuis longtemps (de 10 à 45 ans) ainsi que des échantillons prélevés dans les parties des gisements affleurant le sol et ayant subi de temps immémorial l'action des agents atmosphériques.

Voyons d'abord quelle est en réalité l'influence de la *teneur en carbonate de chaux* sur la qualité des ardoises (abstraction faite du changement de couleur dont nous ne nous sommes pas occupés et sur lequel nous ne sommes, du reste, pas fixés ; nous ne saurions dire aujourd'hui s'il dépend ou non de la plus ou moins grande quantité de carbonate de chaux).

Les ardoises de *Servoz*, qui ne renferment pas de carbonate de chaux [1], résistent très différemment, d'après de Mortillet [2] aux différents agents atmosphériques ; tandis que les unes durent très longtemps, d'autres, au contraire, se délitent au bout de peu de temps ; celles de *Morzine*, qui renferment jusqu'à 49 pour 100 de carbo-

[1] Dr Radian, *Schistes ardoisiers de Suisse et de Savoie* (*Dissertation*). Genève, 1889.

[2] De Mortillet, *Minéralogie et géologie de la Savoie.*

nate de chaux, résistent bien aux agents atmosphériques; celles de *Mex*, d'après les analyses de MM. Prof. Brauns et Delafontaine, que M. le préfet de Werra a eu l'obligeance de nous communiquer, en renferment 19,5 pour 100; or, d'après un rapport de M. Brun, corroboré par les chimistes cités, elles résistent très convenablement vis-à-vis des pluies d'orage, neiges, etc.; des ardoises posées depuis plus de trente ans ne présentaient pas d'érosion appréciable. L'examen, fait par nous-mêmes, des ardoises de Mex, dont on trouvera les résultats consignés dans les tableaux I et II confirme entièrement l'opinion de ces chimistes. On voit par ces quelques faits qu'il n'y a pas de corrélation entre la teneur d'une ardoise en carbonate de chaux et sa valeur technique.

Du reste le carbonate de chaux est englobé dans la masse compacte des ardoises de telle manière qu'il n'est attaqué par un liquide acide, même sous l'influence du vide comme nous l'avons constaté, qu'avec une extrême lenteur; il n'est même pas attaqué d'une manière rapide et complète dans les ardoises compactes par un liquide fortement acide à la pression ordinaire. D'après une expertise de l'ardoise de Mex, faite par le laboratoire fédéral pour l'essai des matériaux de construction de Zurich, « elle donne après un séjour de 9 jours dans de l'acide chlorhydrique au $^{1}/_{10}{}^{me}$ une perte en poids de 7.61 $^{0}/_{0}$ seulement; comparée à d'autres ardoises analogues, elle doit être considérée comme très résistante à l'attaque par les acides qui peuvent s'emparer de sa chaux. »

Frésénius a proposé pour apprécier la qualité des ardoises de les soumettre à l'action de l'acide sulfureux; la détérioration plus ou moins rapide des échantillons soumis à ce traitement donnerait une indication approxi-

mative sur leur degré de résistance aux agents atmosphériques. L'idée de remplacer l'action lente des agents atmosphériques par l'action rapide, énergique et présentant des effets faciles à constater, de l'acide sulfureux, a certainement sa raison d'être; mais il ne faut pas oublier qu'au point de vue de l'action de l'acide sulfureux sur le carbonate de chaux, la méthode de Frésénius ne rend pas compte de ce qui se passe en réalité. Une ardoise renfermant du carbonate de chaux sera plus vite attaquée qu'une ardoise n'en renfermant pas, mais d'autre part, une ardoise poreuse sans carbonate de chaux pourrait être moins rapidement attaquée qu'une ardoise compacte renfermant du carbonate de chaux; la première serait cependant de qualité inférieure.

Nous n'admettons pas, en outre, ainsi que M^{r} le Prof. Brunner, le déduit de l'étude d'un certain nombre d'ardoises, que la résistance à l'acide sulfureux soit toujours en relation avec la teneur en carbonate de chaux; si nous supposons, en effet, deux ardoises renfermant la même quantité de carbonate de chaux, dont l'une serait compacte et l'autre poreuse, il est bien évident que la seconde sera plus rapidement attaquée.

Quoique, dans la pratique, les ardoises ne se trouvent pas soumises à une atmosphère semblable et que la cause principale et déterminante de la détérioration des ardoises ne puisse être attribuée, comme nous le montrerons plus loin, à l'action chimique des agents atmosphériques, nous ne voulons pas contester que la méthode de Frésénius ne puisse donner, dans certains cas, un renseignement utile, lorsqu'elle est corroborée par d'autres déterminations.

La *teneur en pyrite* n'a pas non plus selon nous l'in-

fluence qu'on lui attribue sur la qualité des ardoises; de même que pour la question du carbonate de chaux les faits sont en contradiction avec l'opinion généralement admise.

Si la pyrite se décomposait comme on l'a supposé en présence des agents atmosphériques et réagissait en s'oxydant sur le carbonate de chaux, l'analyse chimique devrait déceler une différence sensible dans la quantité de pyrite renfermée dans les ardoises neuves et dans les vieilles. Or tel n'est pas le cas. M. le Prof. Brunner lui-même cite par exemple le fait qu'une ardoise fortement effritée au bout de deux ans renfermait après ce laps de temps à peu près la même quantité de pyrite qu'au début. Nous avons nous-mêmes trouvé dans une ardoise neuve de Sembrancher 0. 7$^{0}/_{0}$ de pyrite et dans une ardoise de même provenance, mais ayant été posée sur un toit pendant dix ans 0. 6$^{0}/_{0}$. Enfin un échantillon d'ardoise de Mex prélevé par nous dans une partie du gisement affleurant le sol de temps immémorial, renfermait 0.34 $^{0}/_{0}$ de pyrite tandis que l'ardoise neuve de la même localité en contenait 0. 36$^{0}/_{0}$.

Ajoutons que les ardoises de Sion qui sont, sans conteste, reconnues mauvaises renferment une quantité de pyrite (0.84 moyenne de 4 analyses de M. le Prof. Brunner) inférieure à celles de Morzine (1. 07 analyse du Dr Radian) qui résistent convenablement aux agents atmosphériques et un peu supérieure seulement à celles de Sembrancher (0. 7) dont la qualité est bonne.

Du reste, les ardoises sont des roches éminemment compactes; elles ne présentent qu'une porosité insignifiante (voir tableau I) et la pyrite ne pourrait y être attaquée que si la roche devenait poreuse et se désagrégeait.

Par contre, à peu près toutes les ardoises renferment du fer à l'état ferreux extractible par l'acide chlorhydrique étendu (acide à 1 pour 100), tandis que la pyrite ne l'est pas.

Nous avons aussi constaté qu'un assez grand nombre d'ardoises, et particulièremont celles de Sembrancher, renferment de l'oxyde ferreux extractible par l'acide acétique étendu; mais cet oxyde est englobé dans la masse compacte de telle manière qu'il ne peut être attaqué au début par les agents atmosphériques.

Dans deux vieilles ardoises effritées de mauvaise qualité, nous avons trouvé une forte quantité de sel ferrique, et l'on est en droit de conclure (en tenant compte aussi du fait rapporté par M. Brunner que la teneur en pyrite d'une ardoise fortement effritée est restée à peu près la même au bout de deux ans) que ce sont les sels ferreux qui s'oxydent plus rapidement que la pyrite et que c'est de ceux-là surtout qu'il faudrait tenir compte en supposant que l'action principale et déterminante de la détérioration des ardoises soit de nature chimique.

Admettons, pour un instant, que la pyrite, les sels ferreux et le carbonate de chaux subissent des altérations au contact de l'air qui leur permettent de réagir, les uns sur les autres, dans un laps de temps relativement court; il est bien évident que la pierre s'attaquerait à la surface exposée à l'air seulement. Or, tel n'est pas le cas; lorsqu'il y a changement de composition dans l'ardoise, ce changement s'effectue non seulement à la surface, mais dans presque toute la masse, l'ardoise se délite.

L'ardoise s'effrite spécialement dans la partie non couverte, tandis que dans la partie couverte, l'action désagrégeante est superficielle et ne pénètre pas profondément;

au lieu de se réduire en feuillets, l'ardoise se réduit en poudre; ce phénomène-là est dû à une action chimique.

Nous avons donc été amenés à conclure que la désagrégation *première* des ardoises est due à une action *physique* et non pas à une action chimique, du moins pour l'ardoise *non couverte* (partie dont la détérioration plus ou moins rapide présente spécialement un intérêt pratique car c'est celle qui s'altère le plus rapidement dans les ardoises de qualité inférieure); l'action chimique ne commence à devenir plus rapide qu'après cette première désagrégation, lorsque la pierre a perdu sa compacité, qu'elle est devenue poreuse et pénétrable à l'influence des agents atmosphériques. On peut très facilement constater ce changement d'état par le son que produit le choc sur une ardoise neuve et sur une vieille; tandis que la première donne un son clair, la seconde, lorsqu'elle est devenue moins compacte, fournit un son mat.

Des expériences de Jannettaz ont montré que, dans les ardoises, comme dans les corps cristallisés, la chaleur n'est pas conduite d'une manière uniforme dans tous les sens, mais qu'elle l'est moins dans la direction perpendiculaire que dans les directions parallèles à leurs plans de clivage.

Si l'on recouvre de graisse une section faite dans une ardoise perpendiculairement à son plan de clivage et qu'on échauffe un point de cette section, la courbe que dessine le bourrelet formé par la graisse fondue après son refroidissement est une ellipse dont le grand axe est toujours parallèle et le petit perpendiculaire, par conséquent, à la direction de la schistosité. En mesurant la longueur de ces axes, on voit, par exemple, que le grand axe est au petit dans les rapports de 1.8, ou quelquefois

2 à 1 dans les ardoises de Fumay et de Rimogne (Ardennes); de 1.6 à 1 dans celles de Saint-Julien-en-Maurienne et de 1.4 à 1 dans celles de Bourg-d'Oisans. L'auteur n'a, du reste, pas fait ces expériences avec l'idée d'en tirer des conclusions sur la qualité des ardoises dont la plus ou moins grande résistance peut être tout à fait indépendante de la valeur de ce rapport. En rapprochant ce fait expérimental des conclusions auxquelles nous avions été amenés nous-mêmes et qui éliminent la prépondérance de l'action chimique au début de la détérioration des ardoises, nous avons supposé que leur désagrégation provient principalement et en premier lieu, des dilatations et rétractions inégales et successives auxquelles elles sont soumises sous l'influence des variations de la température. Si notre supposition était exacte, il ne s'agissait plus que de prouver expérimentalement qu'une ardoise compacte, au début, devient poreuse lorsqu'on la soumet à des variations de température. L'expérience a confirmé cette manière de voir, comme le prouvent les résultats indiqués au tableau II.

L'altération des ardoises est due à trois causes, dont deux sont de nature chimique et une (de beaucoup la plus importante) de nature physique.

1° Action chimique des agents atmosphériques; c'est celle qui a le moins d'importance;

2° Action chimique des gaz dégagés par le bois, s'exerçant sur la partie des ardoises en contact avec la charpente. Cette action est plus rapide que la précédente.

3° Action physique provenant de conductibilités calorifiques inégales.

Les *actions chimiques* ne peuvent s'exercer que sur les surfaces, et ont pour résultat, entre autres, de rendre la substance pulvérulente.

L'*action physique* s'exerce dans toute la masse et a pour résultat de l'effriter et, par conséquent, de multiplier beaucoup les surfaces susceptibles d'être attaquées par les agents chimiques.

Nous avons déterminé par la méthode que nous décrivons ci-dessous la porosité (que nous désignons sous le nom de « *porosité pratique,* » car nos chiffres tout en étant comparables entre eux, n'ont pas la prétention de représenter la *porosité réelle,* telle qu'on peut la déterminer en se basant sur les poids volumétriques et spécifiques des ardoises) d'un certain nombre d'ardoises neuves et vieilles (Expérience et tableau I), ainsi que la porosité des ardoises neuves après les avoir soumises à des changements de température brusques et souvent répétés (Expérience et tableau II). Quelques-unes de ces ardoises sont considérées à juste titre par tous les spécialistes comme excellentes, tandis que d'autres ont été reconnues mauvaises à l'usage d'une manière tout aussi unanime et l'on peut voir que les chiffres obtenus dans nos expériences correspondent bien à ces différences de qualité.

Expérience et tableau I.

Des morceaux taillés d'ardoise avec les bords limés, mesurant environ 6 centimètres sur 2 centimètres ont été pesés puis introduits dans un tube de verre à parois épaisses de 12 centimètres (hauteur) sur 3,5 centimètres (diamètre), renfermant de la diphénylamine (substance fusible à 54°, distillant à 310°). Ce tube, fermé par un bouchon de caoutchouc, a été mis en communication avec un appareil à faire le vide, puis introduit dans un bain d'huile où il a été chauffé pendant deux heures à 170° en faisant le vide ; on a ensuite laissé rentrer lente-

ment l'air en maintenant la température pendant quatre à cinq heures à 150°, puis on a retiré les morceaux d'ardoise pour les nettoyer avec du papier à filtre, on les a laissés refroidir, lavés à l'éther (ce lavage qui peut se faire très rapidement, grâce à l'extrême solubilité de la diphénylamine dans l'éther, a pour but d'enlever la substance qui pouvait rester sur les surfaces), séchés sur l'acide sulfurique et pesés de nouveau.

Les augmentations de poids constatées, représentant la diphénylamine entrée dans les pores de l'ardoise, ont été les suivantes :

PROVENANCE	NEUVE	VIEILLE		Augmentation totale entre l'ardoise neuve et l'ardoise vieille.	Augmentation rapportée à une période égale de 10 ans.
	Augmentation de poids.	Posée depuis années.	Augmentation de poids.		
	pour 100		pour 100	pour 100	pour 100
Salvan gris	0.03	45	0.19	0.16	0.035
Outre-Rhône	0.02	10	0.06	0.04	0.04
Ardennes	0.03	30	0.15	0.12	0.04
Sembrancher	0.04	10	0.28	0.24	0.24
Angers	0.06	30	1.11	1.05	0.35
Morzine	0.02	30	1.18	1.16	0.38
Mex	0.04	30	0.31	0.27	0.09
Id.	0.03	—	—	»	»
Salvan noir	0.06	—	—	»	»
Orny	0.09	—	—	»	»
Sion	1.15	—	—	»	»
Sevin	—	20 à 25	1.16	»	»
La Chambre	0.60	—	—	»	»
Inconnue	—	14	2.32	»	»
Id.	—	—	0.82	»	»
Id. très effritée	—	—	2.58	»	»

Ce tableau montre que la porosité, insignifiante chez les ardoises neuves de bonne qualité, devient plus forte chez les ardoises vieilles. Les chiffres de la dernière colonne facilitent la comparaison, mais il ne faut pas ou-

blier que nous ignorons si la progression de la porosité est bien proportionnelle au temps.

Expérience et tableau II.

Les ardoises neuves découpées en rectangles à bords bien limés de 2 centimètres de largeur sur 5 centimètres de longueur ont été soumises à l'intérieur d'un tube en fer forgé à une température de 300° pendant une demi-heure, puis le tube a été refroidi brusquement par un courant d'eau froide pendant une demi-heure. Afin que l'action de la température soit égale sur les morceaux d'ardoise, on en fixe un certain nombre autour d'un tube en verre dans lequel plonge le thermomètre et qu'on introduit dans le tube de fer. L'opération ci-dessus ayant été répétée vingt-quatre fois, les morceaux d'ardoise ont été imbibés de diphénylamine comme dans les expériences précédentes (tableau I).

PROVENANCE	Augmentation après les changements brusques de température.	Augmentation de poids de l'ardoise neuve non chauffée. (Col. 1, tabl. I.)	DIFFÉRENCE
	pour 100	pour 100	pour 100
Outre-Rhône.......	0.08	0.02	0.06
Salvan noir........	0.13	0.06	0.07
Sembrancher.......	0.12	0.04	0.08
Mex	0.15	0.04	0.11
Id.	0.12	0.03	0.09
Orny.............	0.27	0.09	0.18
Morzine	0.24	0.02	0.22
La Chambre.......	0.74	0.60	0.14
Sion	2.35	1.15	1.20

Il résulte de cette étude que, pour arriver à des conclusions se rapprochant de la réalité sur la qualité des ardoises, il faut non seulement tenir compte de l'examen

chimique, mais avant tout déterminer exactement par les méthodes que nous venons de décrire.

1° La porosité de l'ardoise neuve;

2° La porosité de l'ardoise neuve après l'avoir soumise à des changements brusques de température.

Dans les ardoises de bonne qualité, non seulement la porosité de l'ardoise neuve doit être faible, mais encore elle ne doit pas augmenter dans une forte proportion après que l'ardoise a été soumise à des changements brusques de température.

Les ardoises seront, en tout cas, de qualité inférieure si leur porosité au début est forte, lors même qu'elle n'augmenterait que dans une proportion relativement faible par les changements brusques de température.

Sans vouloir attribuer une valeur trop absolue aux chiffres indiqués dans nos tableaux, moyennes de plusieurs déterminations et pour ce qui concerne les échantillons que nous avons examinés, la porosité des ardoises de bonne qualité est inférieure à 0.1 pour 100 pour l'ardoise neuve et à 0.3 pour l'ardoise chauffée et refroidie brusquement.

Ces déterminations remplacent avantageusement, croyons-nous, les expériences imparfaites, basées sur la gélivité et l'influence des changements brusques de température, telles qu'on les pratique généralement. Les résultats de ces expériences, constatés par un examen oculaire, ne sauraient être que très approximatifs et ne peuvent avoir d'intérêt que dans les cas spéciaux où l'on a, par exemple, à examiner des échantillons de qualités extrêmes.

Genève, 9, rue du Stand.

L'EXPÉRIENCE FONDAMENTALE

SUR LA

CAPACITÉ INDUCTIVE SPÉCIFIQUE

PAR

M. le Dr R. WEBER
Prof. à Neuchâtel.

Dans l'enseignement des phénomènes d'induction en électrostatique, il est désirable qu'on puisse prouver aux auditeurs, par une expérience à la fois simple et concluante, que les différents milieux intercalés entre un corps électrisé et un corps conducteur quelconque déterminent sur ce dernier une induction très différente suivant le milieu.

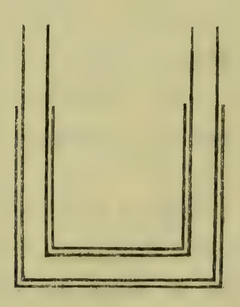
Les expériences proposées avec l'électroscope ou avec des bouteilles de Leyde ordinaires ne réussissent guère pour des expériences de cours. La cause principale gît dans le fait que le rapport du volume d'air déplacé par le diélectrique solide intercalé au volume d'air non déplacé et restant entre les deux corps conducteurs est trop petit.

En admettant une démonstration un peu moins directe, on arrive facilement à une démonstration simple et tout à fait concluante.

Partant du fait que certains liquides ont une capacité

inductive spécifique beaucoup plus grande que les solides. il est tout indiqué de séparer les deux conducteurs à électriser non par un solide mais par un liquide. L'eau ayant une capacité inductive spécifique de 80 environ [1], c'est le liquide le plus approprié pour l'expérience.

La forme la plus avantageuse des conducteurs me paraît être celle des bouteilles de Leyde ordinaires, qu'on construit en principe de la manière suivante : Un premier verre cylindrique est couvert d'étain à la surface extérieure. Un second verre de même forme que le précédent, mais ayant un diamètre extérieur de 6 mm. environ plus petit que le diamètre intérieur du premier verre, est couvert d'étain à sa surface intérieure. On introduit ce second verre dans le premier en ayant soin de le maintenir au fond et sur les côtés à la même distance du second verre. En remplissant d'air, d'alcool ou d'eau l'espace ainsi



formé et en chargeant les armatures au même potentiel, la différence de la capacité inductive spécifique des trois corps devient frappante au moment de la décharge.

[1] M. Tereschin trouve 84, voir *Ann. de Wiedemann*, t. 36, p. 792; Cohn et Arons ont trouvé 76, voir *Ann. de Wiedemann*, t. 33, p. 13.

Il est facile d'exprimer en chiffres le rapport des charges si l'on suppose qu'on charge au même potentiel V. En effet, si chaque verre a l'épaisseur de 1 mm., si les deux verres sont distants de 3 mm., si l'armature a 1 cm² et si la capacité inductive spécifique du verre est égale à 7, la charge devient, en remplaçant par de l'*air* l'espace compris entre les verres :

$$Q_3 = C_3.V = k\frac{sV}{4\pi d} = \frac{7.1+1.3+7.1}{1+3+1}.\frac{s.V}{4\pi(1+3+1)} = \frac{17}{25}.\frac{sV}{4\pi}$$

En remplissant le même espace d'*eau*, la charge devient

$$Q'_3 = C'_3.V = \frac{7.1+80.3+7.1}{1+3+1}.\frac{sV}{4\pi(1+3+1)} = \frac{254}{25}.\frac{sV}{4\pi}$$

Si, entre les deux armatures, il n'y avait que du *verre*, la charge deviendrait

$$Q_3^{+} = C_3^{+}.V = \frac{7.1+7.3+7.1}{1+3+1}.\frac{sV}{4\pi(1+3+1)} = \frac{35}{25}.\frac{sV}{4\pi}$$

En remplissant l'espace d'une telle bouteille de Leyde avec de l'air, du verre ou de l'eau, le rapport des charges électriques devient :

$$17 : 35 : 254$$

Ces rapports sont tout autres, si l'on fait varier la distance des deux verres des bouteilles. Ainsi, en supposant les mêmes armatures et le même verre, mais la distance

des deux verres égale à *n* millimètres, ces rapports deviennent :

n	air	verre	eau
1	15	21	94
2	16	28	174
3	17	35	254
4	18	42	334
5	19	49	414
6	20	56	494

Il serait donc avantageux de faire l'espace entre les deux verres aussi grand que possible pour obtenir aussi petit que possible le rapport des deux charges induites par l'air et par l'eau, et pour rendre très sensible l'influence du milieu intercalé ; mais en augmentant la distance des verres on arrive assez rapidement au point à partir duquel on ne peut plus obtenir une charge sensible dans la bouteille à air. Pour cette raison, il ne faut pas dépasser 3 à 4 millimètres pour l'épaisseur de la couche d'eau.

J'ai construit deux de ces bouteilles avec quatre verres à précipiter. Les deux verres, emboîtés l'un dans l'autre, sont maintenus à une distance égale par trois petites pièces de feutre collées sur le bord inférieur du verre intérieur. En mesurant la surface des armatures et le volume de l'eau, la distance entre les deux verres a été trouvée égale à 3 millimètres environ. — Dans la bouteille destinée à contenir l'eau, j'ai fait équilibre à la poussée en mettant de la grenaille de plomb dans le verre intérieur.

Pour charger les deux bouteilles au même potentiel, je fais communiquer les armatures extérieures des deux bouteilles entre elles et avec l'un des conducteurs d'une

machine, tandis que les armatures intérieures communiquent entre elles et avec l'autre conducteur. De cette façon les auditeurs sont convaincus que les deux bouteilles ont été soumises aux mêmes conditions d'expérience.

Quand la bouteille à air ne donne qu'une décharge à peine sensible, la bouteille à eau donne lieu à une assez forte commotion.

Le calcul, ainsi qu'une mesure directe, a montré que la bouteille à eau contient une charge environ 14 fois plus grande que la charge de la bouteille à air.

L'expression algébrique pour la capacité de la bouteille peut prendre la forme.

$$\text{(I)} \qquad C = A(B + \varkappa)$$

si l'on désigne par $\varkappa$ la capacité inductive spécifique du milieu intercalé entre les deux verres. Les quantités A et B sont constantes, en tant qu'on emploie une bouteille de même forme, mêmes dimensions et formée des mêmes substances. En particulier, pour l'air comme milieu entre les verres, soit pour $\varkappa = 1$, on aura :

$$C_1 = A(B + 1)$$

L'expérience permet de déterminer le rapport R des capacités $C : C_1$. Si l'on connaît encore $\varkappa'$ pour un liquide quelconque, il devient aisé d'éliminer les constantes A et B. En effet,

$$\begin{aligned} R' = C_2 : C_1 &= A(B + \varkappa') : A(B + 1) \\ &= (B + \varkappa') : (B + 1) \end{aligned}$$

et de là

$$B = \frac{\varkappa' - R'}{R' - 1};$$

de sorte que

$$C_1 = A . \frac{\varkappa' - 1}{R' - 1}$$

et

$$C = A \left\{ \frac{\varkappa' - R'}{R' - 1} + \varkappa \right\};$$

donc

$$\frac{C}{C'} = R = \frac{\varkappa' - R' + \varkappa(R' - 1)}{\varkappa' - 1}$$

et

$$\text{(II)} \qquad \varkappa = \frac{\varkappa'(R - 1) + (R' - R)}{R' - 1}$$

Pour la même bouteille et en prenant pour l'eau $\varkappa' = 80$, j'ai trouvé $R' = C_2 : C_1 = 14,4$,

En versant différents liquides entre les deux verres, et après avoir déterminé les rapports R, la formule (II) m'a donné les valeurs suivantes pour la capacité inductive spécifique.

Air	$\varkappa = 1$	Pétrole	$\varkappa = 18,5$
Eau	80	Huile d'olive ..	67
Alcool	82	Benzine	65
Glycérine	83	Xylole	102
Acide sulfurique.	80	Mercure	111
Sulf. de cuivre ..	75	Glace	82
Sulf. de zinc	76		
Sel de cuisine ...	74		
Acide azotique ..	71		

On remarquera tout de suite la différence énorme qui

existe entre ces valeurs et celles que donnent les mesures faites avec beaucoup de précautions. Je dois m'abstenir de toute discussion ; mais j'ai estimé utile quand même de communiquer les chiffres ci-dessus, ne fut-ce que pour pouvoir comparer entre eux les chiffres se rapportant au mercure et aux liquides non métalliques, se rapportant aux liquides bons conducteurs et non conducteurs se rapportant à l'eau et à la glace.

Neuchâtel, 10 mai 1890.

NOTICES CRISTALLOGRAPHIQUES

PAR

MM. L. DUPARC et A. LE ROYER

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 5 juin 1890.

FORMES CRISTALLINES DE QUELQUES COMPOSÉS ORGANIQUES

Les formes cristallines déterminées dans ce travail ont été mesurées au moyen du goniomètre de Wollaston à limbe vertical sans lunette. La notation employée est celle de Miller. Les angles donnés sont ceux des normales.

Dérivé hydroxylé de la méthylen-diphénilène oxyde.

$$CH_2 \left< \begin{matrix} C_6H_3 \left< \begin{matrix} OH \\ \\ \end{matrix} \right. \\ \\ C_6H_4 \end{matrix} \right> O$$

Préparé par M. Wertheimer.

Obtenu par fusion potassique de l'acide méthylène diphénilène oxyde sulfonique. Point de fusion 142° cristallisé dans l'alcool.

Petits cristaux incolores transparents présentant deux types ; dans le premier ils sont tabulaires aplatis selon l'axe des *z* et présentent la face (001) très développée et (111) plus petite.

Dans le deuxième type les faces (111) sont très developpées et la base (001) réduite.

Prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 0{,}8577 : 1 : 1.9633$$

	Observé.	Calculé.
$(111)\ (1\bar{1}1)$ =	76°20′*	
$(111)\ (1\bar{1}\bar{1})$ =	(87°49′)	
$(111)\ (001)$ =	71°30′	71°39′

Sel de cuivre de l'acide $\alpha\ \alpha'$ naphtol sulfonique.

$[C_{10}H_6OHSO_3]_2Cu + 9.5\ H_2O$ *.

Préparé par M. Murat.

Obtenu en traitant l'acide $C_{10}H_6OHSO_3H$ par un excès de $CuCO_3$. Ces cristaux perdent leur eau à 175° en jaunissant. Ils reprennent leur teinte première lorsqu'on les humecte.

Petits cristaux tabulaires transparents bleus, aplatis, même lamellaires, très fragiles présentant les faces (100) très développées, les faces $(111)\ (1\bar{1}1)\ (\bar{1}11)\ (\bar{1}\bar{1}1)$ allongées, très minces, la face (010) très petite.

Les mesures n'ont pu être effectuées que sur un seul cristal.

Prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 1.1588 : 1 : 1.6658$$

	Observé.
$(100)\ (111)$ =	64°26′
$(010)\ (111)$ =	60°

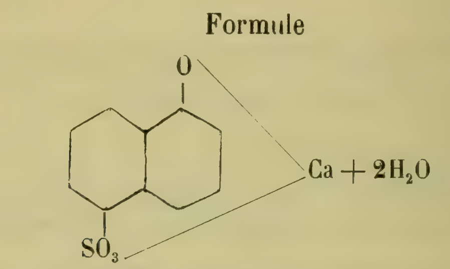
Sel de calcium de l'acide $\alpha'\alpha'$ naphtol sulfonique.

Préparé par M. Murat.

Obtenu en traitant l'acide $C_{10}H_6OHSO_3H$ par un excès de $CaCO_3$ ne perd H_2O de cristallisation qu'à 150°-160°.

Face (001) très développée $(\bar{1}11)$ et (010) assez développée (100) et (301) peu développée. Cristaux tabulaires, fragiles, translucides.

* Formule



Prisme bi-oblique.

$$\alpha = 64°18' \quad \beta = 105°58' \quad \gamma = 96°52'$$

$$a : b : c = 0.9695 : 1 : 1.0234$$

	Observé.	Calculé.
(001) (010) =	114°50'*	
(001) (100) =	75°34'*	
(100) (010) =	89°58'*	
(010) $(\bar{1}11)$ =	63° 4'*	
(001) $(\bar{1}11)$ =	74° 8'*	
(100) $(\bar{1}11)$ =	124°49'	124°12'
(301) (100) =	17°45'	17°14'
(301) (010) =	98°22'	97°21'

Tétra hydronaphtalate de méthyl.

$C_{10}H_6(COOCH_3)^2 + 4H.$

Préparé par M. Anselme.

Mesures faites sur un seul cristal opaque blanc en mauvais état donnant des images peu nettes, face 100, développée (110) et (010) petite.

Prisme rhomboïdal oblique.

$$\beta = 126°51'$$

$$a : b : c = 2.3421 : 1 : ?$$

	Observé.	Calculé.
(100) (001) =	53° 9′	
(100) (110) =	61°55′	
(001) (110) =	73°35′	73°36′

Ortho-oxybenzylidène-aniline.

$C_6H_5 — Az = CH — C_6H_4OH.$

Préparé par M. Amé Pictet.

Obtenu par l'action de l'aniline à 100° sur l'aldéhyde salycilique. Point de fusion 50°5 cristallisé dans l'alcool.

Cristaux jaunes transparents tabulaires aplatis selon (001) se ternissant à l'air. Face (001) bien formée, les autres petites et étroites, sur les angles aigus se trouvent placées deux petites facettes incurvées sans éclat, elles n'ont pas pu être mesurées.

Nous avons trouvé une macle par pénétration présentant la forme d'une croix.

Cette substance est décrite dans l'ouvrage de Bulstein comme ne cristallisant pas.

Prisme rhomboïdal droit

$$a : b : c = 0.4586 : 1 : 2.1922$$

	Observé.	Calculé.
$(001)\ (111) =$	79°14′*	
$(111)\ (\bar{1}11) =$	48°21′*	
$(111)\ (\bar{1}\bar{1}1) =$	53°32′	53°30′

Dans une précédente série de mesures, nous avons eu l'occasion de mesurer l'éther éthylique de l'acide tétrahydronaphtalique, ce dernier ne semble pas avoir de rapport cristallographique avec le sel de méthyle que nous décrivons dans ce mémoire.

Laboratoire de minéralogie de l'Université de Genève.

* *Archives des sciences physiques*, tome XXI. Avril 1889.

L'ORIGINE

DE

L'ASPHALTE, DU BITUME & DU PÉTROLE

PAR

M. le Dr A. JACCARD
Professeur.

« Il serait digne des antécédents de la science neuchâteloise, qu'après avoir reconnu le problème du gisement de l'asphalte, elle parvînt aussi à résoudre le problème plus difficile de son origine. »

Ainsi s'exprimait, il y a une vingtaine d'années, le professeur Desor, alors que l'attention publique venait d'être vivement excitée par la découverte d'un nouveau gisement de cette substance minérale au Val-de-Travers, ainsi que par les publications du professeur Oscar Fraas et Léo de Lesquereux. Cet appel semble toutefois ne pas avoir été entendu, car c'est en vain que l'on chercherait dans la littérature scientifique de notre pays un document de quelque importance sur ce sujet. Il en a été à peu près de même au dehors; à l'exception d'une conférence de M. Dieulafait, professeur à Marseille, sur l'*origine et le mode de formation des substances minérales salines,* il n'a

rien été publié qui soit de nature à jeter quelque lumière sur cette importante question. On s'est borné à publier ou à rééditer les diverses théories émises depuis plus ou moins longtemps, sans apporter de matériaux qui soient de nature à en procurer la solution.

Favorisé par la proximité d'un champ d'étude aussi important que le sont les mines d'asphalte du Val-de-Travers et encouragé par diverses découvertes, je viens de publier sous le titre d'*Études géologiques sur l'asphalte et le bitume au Val-de-Travers, dans le Jura et la Haute-Savoie,* un travail dont je me propose de résumer ou reproduire les principales données, espérant ainsi attirer l'attention sur un sujet que je n'ai nullement la prétention d'avoir épuisé, mais qui, au contraire, mérite d'être repris par de plus habiles que moi.

I

L'asphalte au Val-de-Travers.

1. *Historique.*

Passant rapidement sur tout ce qui a trait à l'histoire de la découverte, de l'exploitation et des applications de l'asphalte, je signalerai d'abord les observations remarquables de Léopold de Buch, envoyé au commencement de ce siècle à Neuchâtel par le roi de Prusse pour y procéder à certaines recherches sur la houille qui, disait-on, devait exister dans la vallée du Locle. Cette mission scientifique qui marque le vrai début de la géologie dans notre pays donna occasion au jeune savant allemand de

rédiger diverses notes sur les roches et les terrains du Jura. Dans son *Catalogue des roches qui composent les montagnes de Neuchâtel,* il s'exprime ainsi au sujet de l'asphalte :

« Asphalte d'un noir foncé. Cassure raboteuse à petits grains. Mat à l'ombre, avec une infinité de lames brillantes au soleil. Mélange de bitume et de pierre calcaire grenue. La pierre est tendre là où il y a beaucoup de bitume; elle l'est moins là où la couleur est moins foncée. »

Suit une dissertation dans laquelle l'auteur établit que c'est improprement que l'on a donné le nom d'asphalte à la roche du Val-de-Travers, dont les caractères diffèrent absolument du véritable asphalte ou bitume de Judée. « L'asphalte du Val-de-Travers, dit-il, n'est pas une substance simple : c'est un mélange de *pierre calcaire coquillière et de bitume*. Qu'on expose des pièces à une forte chaleur, il brûlera avec une légère flamme bleue, peu vive, qui bientôt diminuera et s'éteindra sans que la pièce ait paru diminuer sensiblement de volume, » etc.

.... « C'est donc une couche qui ne diffère point des couches grenues dont les collines au bas des côtes du Val-de-Travers sont formées. Et le bitume ne sera nullement un indice de charbon de terre, comme on aime si souvent à le croire. Cette partie de la formation du Jura est trop connue et on sait trop bien qu'aucune formation de charbon de terre n'y trouverait sa place. D'ailleurs il n'y a dans le voisinage de ce bitume point d'empreinte ou de pétrification de végétaux, point de feuilles, point de roseaux, et il est plus que probable que ces masses tirent leur origine plutôt du règne animal que d'arbres et de plantes. La quantité de coquillages des environs le ferait présumer, quand même on ne ferait pas attention à la nature du bitume et à l'alcali volatil qu'ils peuvent contenir. »

Comme on le voit, l'illustre géologue, au début de sa carrière scientifique, avait parfaitement reconnu les conditions d'existence de l'asphalte du Val-de-Travers et même entrevu son origine organique, animale et non végétale.

En 1846, le professeur Ladame chargé par le gouvernement de procéder à quelques recherches sur l'asphalte, termine son rapport en ces termes :

« M. Ladame croit que l'asphalte est formé par la volatilisation de substances végétales placées au-dessous des bancs où existe ce minéral. L'ammoniaque et les sulfates contenus dans l'asphalte ne suffisent point pour faire admettre que les matières animales ont pris part à la formation de cette substance; il faudrait, pour en être sûr, y avoir découvert des principes phosphorés. »

En 1855, MM. Hessel et Kopp communiquaient à la Société hélvétique des sciences naturelles un mémoire plus étendu, dans lequel ils abordaient successivement les questions de gisement, d'origine et de fabrication du mastic d'asphalte. On exploitait déjà alors un nouveau gisement sur la rive droite de la Reuse, celui du Bois-de-Croix étant épuisé. Une coupe théorique, très défectueuse, montre l'asphalte constituant le terrain urgonien, sous celui-ci le néocomien, etc. « Partout, disent les auteurs de la notice, dans quelque contrée que ce soit, dans le canton de Vaud, à Travers, à St-Aubin, là où l'urgonien paraît, il est imprégné d'asphalte » (ce qui est tout à fait inexact). Ils oublient d'ailleurs de signaler la présence du bitume dans la molasse de Seyssel, de Dardagny, de Chavornay, d'Orbe, etc.

Abordant ensuite la question d'origine, MM. Hessel et Kopp citent l'opinion de M. Abich qui, après avoir étu-

dié les dépôts de naphte et de pétrole du revers méridional du Caucase, estime « que le bitume serait sorti liquide du sein de la terre par une cheminée pour s'épancher dans les terrains où on les rencontre » soit, pour ce qui concerne le Val-de-Travers, dans le terrain urgonien et aptien. Cette hypothèse a contre elle le fait qu'on n'a pas encore trouvé de cheminée, de point vers lequel convergent les infiltrations. On ne constate pas non plus que la richesse de la roche augmente de bas en haut, ni de haut en bas.

Jusqu'en 1867, les mines d'asphalte ne furent exploitées que dans des proportions assez restreintes, quelques mille tonnes par année, dans la dernière période. On ne connaissait alors que le gisement de la Presta, sur la rive droite de la Reuse entre Travers et Couvet. A l'approche de l'échéance de la concession et sur l'avis de M. Desor, le gouvernement fit exécuter divers sondages sous la direction de M. l'ingénieur cantonal C. Knab. Ceux-ci révélèrent l'existence ou l'extension du banc d'asphalte urgonien à quelques centaines de mètres plus à l'est dans la direction de Mosset et des Grands-Champs. Dans son exposé des raisons qui devaient engager à exécuter des sondages, M. Desor s'exprimait ainsi :

« Au Val-de-Travers, comme à Saint-Aubin et à Seyssel, les mines d'asphalte sont dans le calcaire à caprotines, qui forme, chez nous, la partie supérieure de l'urgonien. La couche exploitée, appelée *bon banc*, est l'équivalent du banc désigné sous le nom de *pierre franche*, qui se taille et se scie avec la plus grande facilité. Enfin, au-dessus de ce banc, et séparé de lui par diverses couches de marnes aptiennes, il existe aussi de l'asphalte dans les grès aptiens qui couronnent le talus du crêt urgonien de la Presta.

« En dehors de ces deux niveaux géologiques, l'asphalte n'existe dans aucun autre terrain de notre pays. »

« Cette limitation de l'asphalte à l'étage urgonien fait supposer que l'imprégnation ne s'est pas faite de bas en haut, car dans ce cas on en trouverait au moins des traces dans les dépôts inférieurs. En prenant pour terme de comparaison les pétroles d'Amérique, on serait tenté de voir dans nos asphaltes le résidu de quelques dépôts de charbon qui auraient disparu en laissant l'asphalte comme témoin de leur présence. »

« D'un autre côté, la composition identique des gisements de l'asphalte à Travers et à Saint-Aubin, sur les deux flancs de la montagne, autorise la supposition qu'ils sont connexes et qu'ils ont dû être jadis continus. S'il en est ainsi, ces deux lambeaux n'ont pu être séparés que par le soulèvement même de la montagne qui, en faisant surgir des roches inférieures, a disloqué et refoulé les dépôts plus récents qui sont restés au fond du Val-de-Travers. »

De son côté l'ingénieur Knab exposait dans une série de lettres au *National Suisse* les faits relatifs aux sondages, ainsi que ses vues sur l'origine de l'asphalte; selon lui, « l'asphalte provient sans doute de l'imprégnation du calcaire urgonien par le *pétrole* ou *bitume* des gisements de houille réduite en anthracite, gisements qui ont disparu pendant les révolutions du globe. » Il ignore encore de quelle manière l'imprégnation s'est faite, mais à voir la facilité avec laquelle cette roche, à l'état naturel, absorbe une dissolution de bitume, il pense qu'il n'a pas fallu, pour produire l'asphalte, une *pression incommensurable,* comme l'admet M. Léon Malo, ingénieur de la Compagnie générale des asphaltes. Il partagerait plutôt l'opinion

d'autres géologues, qui supposent que les bitumes de Judée ou d'autres pays éloignés, sont venus, véhiculés à la surface des eaux d'un déluge, imprégner à froid les calcaires du terrain jurassique (crétacé) avant qu'ils fussent recouverts par les molasses vertes.

Dès l'année suivante les vues de notre ingénieur ont entièrement changé. Ensuite des découvertes du professeur Fraas de Stuttgard sur la formation du bitume dans la mer Rouge, il considère le bitume qui imprègne le calcaire urgonien comme provenant de la décomposition de mollusques tels que les caprotines, dont les coquilles fossiles abondent dans certains gisements de cet étage.

Cherchant à déterminer comment la transformation des mollusques en asphalte aurait pu s'effectuer, il expose la prodigieuse fécondité de l'huître commune, mollusque bivalve comme les caprotines et n'hésite pas à attribuer au développement de ces dernières la formation de véritables bancs ou couches de quelques mètres d'épaisseur. Étant donné le volume relatif de la partie charnue et de la partie solide de la coquille et certains facteurs de la décomposition organique, tels qu'une température élevée et une eau sursaturée, conséquence de l'évaporation, il ne peut plus douter que ce ne soit bien là le processus de formation du bitume et de l'asphalte.

En revanche M. Knab n'est pas d'accord avec M. Lesquereux, qui attribue la formation du pétrole à la décomposition des végétaux marins. Pour lui il n'y a aucun doute que l'asphalte, le bitume, le pétrole, proviennent de substances animales.

Dans ma *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois,* j'ai exposé en quelques pages les faits et les théories relatives à l'asphalte du Val-de-Travers et consa-

cré deux profils destinés à en établir les conditions géologiques. L'un de ces profils, dressé sur les résultats obtenus par les sondages, fait ressortir l'affleurement à la surface du banc d'asphalte, qui plonge rapidement au sud, sous les couches de l'aptien, du grès vert et de la molasse. Ce plongement devient ensuite moins accusé et se continue régulièrement sur 200 mètres, jusqu'au puits 5 des sondages, où il se trouve à 51 mètres sous le sol.

A cette époque deux opinions différentes se manifestaient, celle de M. Desor, qui prévoyait le redressement vers la surface et la disposition en cuvette synclinale habituelle aux vallons du Jura, et la mienne, qui contestait le redressement, en s'appuyant de l'existence d'une faille au versant sud du Val-de-Travers. C'est cette manière de voir que j'essayais de faire ressortir dans un second profil, destiné en outre à établir les relations théoriques entre les gisements de l'asphalte au Bois de Croix, à la Presta et à St-Aubin.

Le grand sondage entrepris à 300 mètres plus au sud, en 1872, dut être abandonné avant d'avoir atteint le banc d'asphalte. Il s'ensuivit une période de complet abandon des recherches, aussi bien sur l'extension de la couche d'asphalte que sur les problèmes relatifs à sa composition et à son origine.

Pendant longtemps des circonstances diverses m'empêchèrent de poursuivre ou plutôt de reprendre une étude que l'exploitation, très active depuis plus de vingt ans, devait tout particulièrement favoriser.

J'avais d'ailleurs reconnu la nécessité de comprendre dans un travail de ce genre les études relatives aux autres gisements asphaltiques et bitumineux du Jura, seules capables d'apporter un contingent de preuves suffisantes à

la justification de la théorie de l'origine organique de l'asphalte, du bitume et du pétrole.

2. *Géologie.*

Au point du vue géologique et orographique, le Val-de-Travers est constitué par la dépression comprise entre la chaîne du Chasseron-Creux-du-Vent et le plateau accidenté de la Côte-aux-Fées, Monlezi et les Montagnes de Travers. Il constitue l'un des nombreux *vallons de plissement* du Jura et renferme divers étages de la molasse, des grès verts et du néocomien.

Mais ces assises ne présentent plus aujourd'hui que des lambeaux isolés parmi lesquels il en est qui ont été portés à une hauteur de 1000 à 1100 mètres ainsi qu'on le voit au Mont de Couvet et au Rhuillières.

Le substratum ou fond sur lequel reposent les assises crétacées est constitué par les calcaires compacts du terrain jurassique supérieur qui constituent les chaînes anticlinales limitrophes. Toutefois, la structure de ces chaînes n'est point aussi régulière qu'on se plaisait à le croire autrefois. Deux séries d'accidents modifient leurs allures théoriques, sans toutefois en altérer bien fortement le relief.

Je dois citer, en premier lieu, l'existence d'un pli secondaire au versant nord du chaînon de Chasseron-Creux-du-Vent. Avant de s'enfoncer sous le Val-de-Travers, les couches jurassiques se redressent assez brusquement et déterminent l'apparition d'une synclinale régulière, dans laquelle les couches néocomiennes du valangien et du hauterivien se sont trouvées préservées de l'érosion et forment un *palier* caractéristique que nous appellerons val-

lon des Rhuillières. Le chaînon lui-même, très surbaissé, ne présente que l'un des *pans* de la voûte, grâce à un *pli-faille* longitudinal qui, très accusé au sud de Buttes, vient mourir au-dessus des Lacherelles, point où le chaînon principal se raccorde souterrainement avec le versant nord de la vallée.

Un second pli, selon toute probabilité prolongement du chaînon de la Côte-aux-Fées, se montre entre Buttes et Fleurier, où l'on voit apparaître le calcaire jurassique au milieu même du vallon, déterminant ainsi deux synclinales rapprochées, mais à peu près invisibles. De Fleurier à Couvet, l'érosion a fait disparaître toute trace du terrain jurassique, mais celui-ci reparaît à la gare de Couvet, là où on se fût attendu à retrouver les puissants dépôts néocomiens, si largement développés de Boveresse à Plancemont. La disposition anticlinale se manifeste surtout, comme nous le verrons, aux anciennes mines de la Presta, où on voit l'urgonien plonger au sud, au lieu d'affecter la disposition en cuvette indiquée par la théorie.

On conçoit que ces divers phénomènes de plissements et de dislocations aient contribué puissamment à favoriser les érosions subséquentes et l'énorme ablation qui en est résultée. Il ne faudrait pourtant pas en conclure que nous ayons affaire ici à des cataclysmes et à des bouleversements instantanés. Ce n'est plus aujourd'hui qu'il est possible de concevoir le soulèvement des chaînes jurassiques comme ayant eu lieu à un moment donné; en réalité, depuis le dépôt des couches d'eau douce du purbeck jusqu'au moment où la mer de l'helvétien s'est retirée de la vallée du Rhône, il n'a cessé de se produire des alternatives d'exhaussement et d'affaissement, bien accusées par les variations dans la nature des dépôts, les

modifications de la faune, ou encore les discordances de superposition.

Il ne sera pas inutile, afin de bien déterminer le *niveau stratigraphique* des couches asphaltiques de jeter un rapide coup d'œil sur les terrains auxquels ils sont subordonnés. Pour ce qui conserve leurs caractères spéciaux, je renvoie le lecteur à ma *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois*[1].

1° *Les terrains récents ou quaternaires*, constituent un ensemble de facies variés, passent les uns aux autres, de telle sorte qu'il n'est souvent pas possible de distinguer les dépôts diluviens des alluvions modernes, ces derniers étant constitués des matériaux remaniés des premiers. Ainsi les *alluvions modernes* du fond de la vallée formés de *graviers et cailloux* roulés, de limon et même de *tourbe* sont superposés aux couches plus anciennes, qui ont comblé la vallée d'érosion, de même que les *éboulis* formés de débris anguleux détachés des parois des rochers calcaires recouvrent par places les *sables, graviers* et *cailloux roulés* quaternaires.

2° Les *Couches tertiaires* du Val-de-Travers appartiennent à deux facies, l'un marin, l'autre lacustre, fluvio-marin ou saumâtre.

a) La *molasse marine* existe à Buttes, mais elle est peu développée; elle renferme des huîtres, des dents de requins, etc.;

b) La *molasse aquitanienne*, d'eau douce, forme une zone étroite au versant sud du vallon. Elle est marno-sableuse au sud de Fleurier, passe au grès homogène en-

[1] Sixième livraison des *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*. Berne 1869.

tre Môtiers et Couvet et redevient marneuse et surtout argileuse jusqu'aux Lacherelles.

Plusieurs couches sont exploitées comme terre à briques dans l'usine Quadri frères. Je n'y ai jamais découvert de fossiles et le gypse paraît aussi manquer.

La puissance du dépôt peut atteindre 80 à 100 mètres, à en juger par le grand sondage de Mosset, sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

3° Le *groupe des grès verts* est représenté par :

a) Le *Cénomanien.* Calcaire crayeux et marneux, observé autrefois par Gressly à la Caroline près de Fleurier, où il est superposé au *gault* ou *albien.* On le retrouve dans la vallée des Ponts, au Joratel, près de Noirvaux, au lac de Saint-Point. Il est remarquable de le voir manquer dans la zone sud du vallon, où la molasse repose immédiatement sur les argiles du gault.

b) Le *Gault* ou *Albien, Vraconien.* C'est le *Grès vert* des anciens auteurs, divisé par le Dr Campiche et G. de Tribolet en trois étages, dont le plus supérieur paraît manquer au Val-de-Travers. L'étage moyen des argiles à fossiles pyriteux semble surtout développé au versant sud, par-dessous la molasse, car les sondages des Grands-Champs et de Mosset n'ont pas rencontré les couches de sable de l'étage inférieur, qui existent cependant a la Caroline, à Boveresse, etc.

c) L'*Aptien.* Cet étage, signalé dès 1855 au Val-de-Travers, fut subdivisé par Renevier en deux sous-étages, l'aptien et le rhodanien, le premier constitué par des grès durs, verdâtres, le second par des marnes et des argiles diversement colorées. Induit en erreur par l'aspect des roches, j'avais, dans mon *Mémoire sur le Jura vaudois et neuchâtelois,* signalé les couches supérieures sous le nom

de *grès aptien.* En réalité, comme je m'en suis convaincu récemment, ce ne sont nullement des grès qui constituent cet étage, mais des couches de calcaire, fortement colorées en vert par les grains de glauconie ; ces calcaires sont superposés aux marnes et argiles du rhodanien, auxquels succède l'urgonien asphaltique. Comme ces calcaires glauconieux sont eux-mêmes bitumineux et asphaltiques, je leur consacrerai un chapitre spécial dans la suite de ce travail.

4° Le groupe *néocomien* est maintenant subdivisé en trois étages : *Urgonien, Hauterivien* et *Valangien.* Ceux-ci présentent eux-mêmes divers *facies* ou *sous-étages.*

a) *Urgonien.* Au Val-de-Travers, comme du reste dans tout le Jura central, on distingue dans cet étage deux facies distincts et superposés, savoir le *calcaire à Caprotines* et le *calcaire jaune inférieur à Échinodermes.* Le premier se présente lui-même sous deux aspects : tantôt c'est un calcaire dur, compact, à cassure conchoïdale, tantôt, au contraire, c'est une roche blanche, crayeuse, saccharoïde, à tissu lâche, plus ou moins grenue, ou spathique. Tous deux renferment d'ailleurs les même fossiles.

Comme nous le verrons, l'urgonien supérieur constitue la roche asphaltique et bitumineuse par excellence. Dans la roche crayeuse, c'est l'asphalte à divers degrés d'imprégnation, dans le calcaire compact, c'est le bitume visqueux, que je n'ai toutefois pas encore observé au Val-de-Travers.

L'urgonien inférieur est constitué par des calcaires marneux grenus, spathiques ou oolithiques, qui le rapprochent des calcaires jaunes du hauterivien.

b) Hauterivien. Nous comprenons sous ce nom le calcaire jaune et la marne bleue de Neuchâtel, d'Hauterive,

etc.; le premier ne renferme que des débris de coquilles broyées, mais se distingue néanmoins assez bien de l'urgonien inférieur. La marne, qui est très fossilifère, accompagne partout le calcaire, auquel elle doit d'avoir été préservée de la destruction par érosion.

c) *Valangien.* La partie inférieure du terrain crétacé, connue dans le Jura sous le nom de *Valangien,* apparaît constamment sur le pourtour des lambeaux de hauterivien. Deux assises distinctes constituent cet étage. La plus élevée est désignée sous le nom de *Limonite* ou de *Calcaire roux ferrugineux.*

L'assise inférieure, composée de couches plus épaisses et plus compactes, passe, vers la base, à des marnes plus ou moins développées, avec fossiles marins, auxquelles succèdent les marnes et le calcaire d'eau douce du *Purbeckien*, qui, lui-même, fait partie du système jurassique.

5° *Système jurassique.* Ce n'est ni le lieu, ni le moment de donner ici une description des étages et des terrains qui constituent les chaînons limitrophes du Val-de-Travers. Toutefois, je dois signaler combien sont grandes les différences pétrographiques, stratigraphiques et même orographiques qui distinguent les dépôts de cet âge de ceux que nous venons de passer en revue.

Ce qui caractérise tout particulièrement le *groupe jurassique supérieur*, tel qu'il se présente dans les grands escarpements des Blanches-Roches sur Noiraigue, du Creux-du-Vent, de Trémalmont, de la Corbière sur Saint-Sulpice, etc., c'est l'énorme épaisseur des assises (3 à 400 mètres), l'uniformité de texture des roches, l'absence de marnes et, conséquemment, de niveaux fossilifères. Pour distinguer des étages, pour établir des limites paléontologiques, il faudra donc chercher ailleurs, là où les couches

sont moins puissantes, plus variées, plus riches en fossiles, comme c'est le cas aux environs de Montbéliard, de Porrentruy, etc.

Le *groupe jurassique moyen*, visible dans les profondes coupures de Saint-Sulpice, du Creux-du-Vent, de la Clusette, présente un caractère tout autre, grâce à la prédominance des calcaires marneux hydrauliques. Il en est de même du *groupe jurassique inférieur*. Tous deux présentent ce fait intéressant de renfermer des indices de bitume et, en outre, comme nous le verrons, on a trouvé l'asphalte dans le *jurassique inférieur* des Époisats près de Vallorbes.

3. *Étude de l'asphalte urgonien.*

Ce qui caractérise particulièrement l'asphalte urgonien au Val-de-Travers, c'est le fait de son existence à la partie tout à fait supérieure de l'étage, au contact des marnes aptiennes, alors que, dans les gisements d'autres régions, la roche bitumineuse existe à divers niveaux au milieu du massif de calcaire blanc crayeux, formant plutôt des lentilles que des couches. Toutefois cette régularité et cette constance dans la superposition de l'asphalte n'est nullement constante, ainsi qu'on va le voir.

Au point de vue de la *nature*, soit de la proportion du bitume, les ouvriers désignent sous le nom de *crappe* une partie ordinairement supérieure qui dose moins de 7 °/₀ de bitume.

Le *bon banc* en contient de 8 à 12 °/₀ et même plus, mais il n'y a entre la crappe et le bon banc aucune ligne de démarcation quelconque, le passage est graduel et quelquefois l'une des qualités se substitue à l'autre dans toute l'épaisseur de la couche.

La crappe apparaît aussi parfois à la partie inférieure, elle est moins homogène, plus grossière, inégalement imprégnée de bitume et passe également à la roche blanche urgonienne.

Enfin, on a découvert récemment au-dessus de la crappe supérieure la roche blanche crayeuse très poreuse, criblée de poches, correspondant à la partie interne des coquilles de caprotines qui sont très nombreuses. En même temps apparaît une minime proportion de bitume, formant des taches brunes sur la roche blanche. C'est ce que j'ai proposé d'appeler la *fausse crappe*. Je reviendrai plus tard sur cette variété qui est du plus grand intérêt pour l'étude qui nous occupe.

Ce qui vient d'être dit montre que le *dosage* du bitume dans la roche est variable. M. le professeur Ladame avait observé jusqu'à 15 $^0/_0$ de matière organique dans les parties riches de la couche, et 9 $^0/_0$ dans la roche commune. MM. Hessel et Kopp indiquent à peu près les mêmes proportions.

En 1887, M. l'ingénieur Knab s'exprime ainsi au sujet des essais chimiques exécutés par lui :

« Comme on le sait, la qualité de l'asphalte roc dépend de sa richesse en bitume : les gisements connus et utilisés contiennent de 7 à 10 ou 11 $^0/_0$ de bitume ; si l'asphalte n'en renferme que 6 $^0/_0$, son exploitation est onéreuse. L'asphalte de Seyssel a une richesse de 8 $^0/_0$; celui de la Presta 10 $^0/_0$, etc. »

En résumé, l'asphalte exploité dans la mine de la Presta contient de 9 à 11 $^0/_0$ de bitume. L'asphalte pur des carottes ramenées par la sonde en renfermait invariablement 10 $^0/_0$.

L'épaisseur ou la puissance du banc d'asphalte, dont

j'ai déjà eu l'occasion de dire quelques mots, est aussi très variable. Dans les indications qui vont suivre, je considérerai toujours, à moins d'indication contraire, le bon banc et la crappe réunis.

Les chiffres indiqués par MM. Hessel et Kopp, pour les sondages de 1854, varient de 2 à 8 mètres, pour la région de l'ancienne mine de la Presta.

Sur la zone d'affleurement de la nouvelle mine, l'épaisseur varie de $6^m,50$ à $7^m,50$; elle va en augmentant vers le sud et atteint 8 et même $9^m,30$ au fond du pli synclinal, pour diminuer ensuite vers le fond des galeries d'abatage au sud.

Cette épaisseur moyenne de 7 mètres sur le profil 3 des sondages a été reconnue par l'exploitation subséquente. Mais, si l'on se reporte à l'ouest, on constate une réduction très accusée et, finalement, la disparition de l'asphalte dans la partie relevée vers le nord, entre la mine des Grands-Champs et celle de la Presta. Elle reparaît de nouveau à l'ouest, ainsi qu'on vient de le reconnaître dans la nouvelle exploitation de la Prise-Meuron.

Caractères pétrographiques. L'expression de « pierre calcaire grenue, » employée par L. de Buch est, plus que tout autre, applicable au calcaire urgonien, qu'il soit ou non imprégné de bitume. Ce sont bien, en effet, des grains de calcaire qui constituent la roche, des grains agglutinés plutôt que cimentés, au milieu desquels apparaissent une multitude de lames ou lamelles, très brillantes lorsque la lumière est vive. Ces lames de calcite ne disparaissent nullement par le broyage et semblent même plus abondantes dans la roche en poudre. J'ai longtemps considéré ces lames comme provenant de la décomposition du test des échinides, réduit en fragments. Un exa-

men plus attentif m'a convaincu que ce sont bien en réalité de petits cristaux de carbonate de chaux ou calcite, qui ne sont jamais pénétrés par le bitume.

Outre les lames et les grains calcaires très fins, la roche renferme des débris plus grossiers de formes variées, dans lesquels il est aisé de reconnaître des fragments de fossiles. Mais c'est seulement sur la roche exposée à l'air pendant un certain temps qu'on voit apparaître ceux-ci, sous forme de rugosités plus ou moins saillantes. La roche elle-même est alors gris blanchâtre, et nullement blanche comme celle qui n'a pas été imprégnée de bitume.

Parmi les substances minérales qui se trouvent mélangées à la roche, il faut signaler le gypse, qui tapisse certaines fissures traversant l'asphalte et les marnes aptiennes.

Nous avons vu que M. l'ingénieur Knab avait signalé une grande abondance de coquilles de caprotines dans l'urgonien ; il attribuait la formation du bitume à la décomposition de ces mollusques. Je n'ai rien à objecter à cette supposition, qui est très admissible. Toutefois, il est assez remarquable que nous ne trouvions jamais de ces coquilles dans le banc d'asphalte, et surtout dans le *bon banc*. Je n'ai, pour ma part, observé les coquilles bituminisées que dans la crappe à la partie est de l'ancienne exploitation à ciel ouvert de la Presta, et, comme je viens de le dire, dans la fausse crappe, il existe aussi dans le calcaire blanc urgonien du Crêt-à-Blanc un véritable banc de caprotines, sans aucune trace de bitume.

La *couleur* de l'asphalte est d'autant plus foncée que le bitume est plus abondant. Il n'est cependant pas exact de dire qu'il est d'un noir foncé, surtout si on le compare à

la houille. La crappe présente tous les degrés, du brun foncé au brun clair. Comme teinte générale l'expression *brun chocolat* est parfaitement appropriée.

Résumé. Nous avons vu que l'asphalte du Val-de-Travers se présente, dans une seule assise, zone ou banc de roche calcaire friable, d'épaisseur variable, tantôt pure, saccharoïde, tantôt imprégnée de bitume en proportions variant de 2 à 12 et même 15 °/₀. Dans un rayon local restreint, on passe de l'une à l'autre de ces variétés par transitions graduelles, en sorte qu'il serait assez difficile de tracer des lignes de démarcation quelque peu exactes.

Les sédiments eux-mêmes sont de nature variée ; des grains calcaires, des lames spathiques, des débris de fossiles triturés et broyés, et, par place, des coquilles de mollusques (caprotines), accusent la formation simultanée de la roche bitumineuse aussi bien que de celle qui ne l'est pas, du bon banc, de la crappe et du calcaire blanc.

Tous ces faits s'expliquent facilement si l'on admet l'hypothèse de la formation des couches urgoniennes dans un bassin marin, habité par une faune d'animaux mollusques et rayonnés, doués d'une prodigieuse fécondité, capables de donner lieu, par décomposition des substances organiques, à la formation d'une grande quantité de matières bitumineuses, lesquelles ont pu s'incorporer dans les sédiments marins de ce terrain. Je reviendrai du reste sur les divers phénomènes et le processus de cette bituminisation du banc d'asphalte. Il me reste d'ailleurs à parler des couches aptiennes qui sont aussi localement bitumineuses et même asphaltiques. Cette étude apportera un nouveau contingent de preuves en faveur de cette origine *organique animale* dont j'ai entrepris la justification.

4. *Étude de l'aptien bitumineux.*

Aptien de la Presta. Le facies le plus anciennement connu de l'aptien supérieur est celui qui se présente dans la tranchée à ciel ouvert de l'ancienne mine de la Presta. C'est un calcaire grossier, plus ou moins lumachellique, formé de débris de coquilles de tests d'oursins, de grains de calcaire et de glauconie cimentés peu fortement. Lorsque les couches ont été exposées à l'air pendant un certain temps, on voit apparaître d'une façon plus nette les fossiles, tels que : bryozoaires, radioles d'oursins, fragments d'huîtres, de brachiopodes, etc. Quelquefois ces débris manquent complètement.

En général, tous ces matériaux sont réunis par un ciment calcaire, mais il arrive aussi qu'il y ait en outre pénétration du bitume, tout comme dans le calcaire saccharoïde urgonien. La roche prend alors l'aspect de la crappe, c'est-à-dire qu'elle devient, à un faible degré, asphaltique. Nous verrons plus loin qu'elle rappelle singulièrement la roche exploitée autrefois à Saint-Aubin sous le nom d'asphalte, mais qui n'était que de la crappe.

L'*aptien chlorité,* comme j'appellerai désormais ce facies particulier, paraît n'être pas disposé en couches continues et de même épaisseur, mais former plutôt des lentilles isolées et d'une étendue limitée, superposées aux marnes de l'aptien inférieur. Le fait est que dans les nombreux sondages opérés de 1868 à 1872, il n'a été rencontré aucune couche calcaire, mais seulement des marnes, diversement colorées, de la molasse d'abord, puis de l'aptien.

L'aptien chlorité a été reconnu au Burcle près de Couvet par le creusage d'un canal. J'en ai trouvé des fragments dans les champs au-dessous des Crosats et des Lacherelles. Le bitume paraît du reste très irrégulièrement réparti dans les couches, de telle sorte qu'il peut manquer tout à fait, comme c'est le cas à la gare de Planessert, sur la rive gauche.

Aptien des Grands-Champs. A la nouvelle mine le banc d'asphalte affleurant immédiatement au sol fut d'abord exploité en tranchée à ciel ouvert et les travaux mirent à nu une belle coupe de l'aptien. On s'attendait à retrouver dans la partie supérieure de cette tranchée le calcaire chlorité, semblable à celui de la Presta. Il n'en fut rien ; nous trouvons ici un facies totalement différent et tel qu'on ne se douterait jamais de la proximité des deux gisements. La roche principale consiste en un calcaire dur, blanc grisâtre ou jaunâtre, ou encore passant au vert clair, ensuite de l'abondance prodigieuse des grains de glauconie. En outre, cette roche passe, à certains niveaux, à une véritable lumachelle de grosses coquilles bivalves, *Astartes*, *Cyprines*, *Corbis*, *Gervilies*, etc., solidement empâtées dans la roche. Il en est de même des espèces plus petites, et en particulier des *Térébratules* et des *Rhynchonelles*, qui abondent dans certains blocs et constituent des espèces de colonies.

A côté des grosses coquilles dont le test est plus ou moins cristalisé, il s'en présente d'autres dont le test a été résorbé, de telle sorte que la place qu'il occupait reste vide, ou bien se trouve remplie partiellement par un bitume visqueux, quelquefois assez abondant pour pouvoir être enlevé avec la pointe d'un couteau. La quantité est du reste proportionnée à la grosseur de la

coquille : ainsi, dans les Brachiopodes, elle suffit seulement à colorer en brun chocolat la roche de remplissage du test, qui n'est jamais résorbé.

Ce n'est, au reste, pas toujours le bitume qui remplit les vides, mais aussi une matière verte très clair, rappelant certains minerais de cuivre. C'est une glauconie marneuse et non plus constituée par des grains verts.

Il est assez difficile d'apprécier l'épaisseur de cette assise, maintenant que les éboulis ont recouvert la tranche des couches ; on peut toutefois l'évaluer à deux ou trois mètres.

Résumé. Ainsi qu'on vient de le voir, la découverte du calcaire coquillier de la Presta corrobore et confirme de la façon la plus éclatante la théorie de l'origine organique du bitume combiné avec le calcaire que nous appelons asphalte.

L'étage aptien est donc asphaltique et bitumineux au Val-de-Travers (il ne l'est nulle part ailleurs, à ma connaissance du moins). Il est vrai que son extension géographique est considérablement moins grande que celle de l'urgonien, qui lui-même est en retrait sur le néocomien moyen ou hauterivien. Nous verrons dans la troisième partie que les circonstances physiques, la configuration géographique, n'avaient toutefois pas tellement changé, entre le dépôt des couches urgoniennes et celui des couches aptiennes, que la formation du bitume et de l'asphalte fût devenue impossible. Nous verrons aussi que, sur d'autres points, le bitume s'est de nouveau formé, dans un âge beaucoup plus récent, c'est-à-dire pendant la formation des couches tertiaires moyennes, que nous désignons sous le nom de molasse.

5. *Conclusion.*

Le rapide examen que je viens de faire des terrains du Val-de-Travers, dans leurs rapports avec l'asphalte, m'amène aux conclusions suivantes :

1° Il n'existe dans le Val-de-Travers aucun indice d'épanchements de substances minérales qui puisse faire supposer une origine interne du bitume imprégnant le calcaire, que nous nommons asphalte;

2° Il n'existe également dans les terrains de cette région aucune trace de dépôts végétaux, houille, lignite, etc., susceptible d'être considérée comme ayant contribué à la formation du bitume. Quant au terrain carbonifère, s'il existe c'est à une profondeur et dans des conditions telles qu'aucun géologue n'admettra qu'il exerce un rôle quelconque dans ce domaine.

3° L'asphalte, en tant que matière minérale ou roche exploitable industriellement, ne peut et ne doit être recherché que dans les couches tout à fait supérieures du néocomien, soit dans l'urgonien supérieur;

4° L'asphalte doit être considéré comme un *facies*, une manière d'être exceptionnelle de l'étage urgonien. Il en est de cette substance comme de la houille, qui ne constitue que des couches d'épaisseur et d'étendue limitée, du terrain houiller ou carbonifère;

5° La présence, dans le calcaire aptien, d'un bitume de même nature que celui qui imprègne le calcaire urgonien, établit une présomption bien accusée d'une communauté d'origine des deux dépôts, ou en d'autres termes, implique l'action, à deux reprises, de phénomènes physi-

co-chimiques semblables pendant la période de formation des couches crétacées au Val-de-Travers;

6° L'affleurement de l'asphalte sur les deux versants de la vallée accuse une extension primitive bien plus grande de cette matière que ne le comporte l'état géographique actuel;

7° L'érosion et la destruction se sont exercées d'une façon beaucoup plus intense au versant nord, où le grès vert a presque totalement disparu et où les lambeaux d'asphalte et de crappe du Bois-de-Croix et des Jottes constituent les seuls vestiges de l'existence de l'asphalte sur la rive gauche de la Reuse.

8° Il n'en a pas été de même sur la rive droite de la Reuse, où l'urgonien s'est trouvé recouvert et protégé par les assises puissantes du grès vert et de la molasse, sur une largeur moyenne de 5 à 600 mètres et sur une longueur de plusieurs kilomètres.

9° L'existence bien constatée de la faille longitudinale, au versant sud du Val-de-Travers, fixe positivement la limite d'extension de l'urgonien asphaltique, et réduit à néant toute présomption de réapparition des terrains dans l'ordre normal que comporte un soulèvement régulier.

10° Enfin, il peut n'être pas sans intérêt de constater que jusqu'ici, au Val-de-Travers, l'asphalte n'a été reconnu qu'en une seule couche, et toujours à la partie supérieure de l'urgonien. Il n'en est pas de même en ce qui concerne les divers gisements bitumineux et asphaltiques dont l'étude fera l'objet de la troisième section.

II

L'asphalte et le bitume dans le Jura et en Savoie.

1. *Gisements urgoniens.*

Nous avons vu dans notre aperçu historique que, pendant un certain temps, on a semblé croire que l'asphalte ne se trouvait que dans l'étage urgonien, ce qui n'est pas exact. Cependant, il est incontestable que c'est dans ce terrain que se présentent la plupart des gisements connus et exploités dans le Jura central; il est dès lors naturel que, faisant abstraction de l'âge géologique, je fixe d'abord l'attention sur les dépôts de cet âge qui me sont actuellement connus. Nous ferons ainsi connaissance avec des facies particuliers, qui manquent au Val-de-Travers, mais dont les caractères ne laissent pas de mériter un intérêt tout particulier. Je procéderai par ordre géographique, du nord au sud d'abord, pour revenir ensuite vers le nord, en pénétrant dans les vallées du Rhône et de la Valserine, où ont été reconnus des gisements bitumineux ou asphaltiques.

Auvernier. Bevaix. Du Landeron à Concise, l'urgonien forme une zone presque ininterrompue au pied du Jura. Tantôt c'est le calcaire jaunâtre à échinodermes de l'étage inférieur qui s'observe dans les tranchées et les calcaires, tantôt c'est l'étage supérieur, compact ou saccharoïde. La présence du bitume a été signalée par M. Desor dans les couches de calcaire blanc compact à

la gare d'Auvernier, et dans le village même. C'est le point le plus avancé vers le nord de l'urgonien asphaltique.

A Bevaix, j'ai découvert, l'année dernière, des indices beaucoup plus importants de l'existence du bitume et même de la roche asphaltique, dans les calcaires blancs de l'urgonien supérieur. La roche, exploitée dans une carrière au nord du village, présente un aspect caverneux et bréchiforme tout particulier; elle est criblée de trous et de perforations irrégulières qui lui donnent un aspect tufacé. Tandis que, dans son ensemble, le calcaire est dur et compact, il devient, par places, terreux et plus ou moins coloré en brun par la présence du bitume; il suffit d'examiner d'un peu près ces vacuoles pour constater qu'elle représentent la partie intérieure de certains fossiles, tels que des caprotines et autres mollusques, ainsi que des polypiers. Chez ces derniers, la partie solide et calcaire a été dissoute, tout en laissant une empreinte très nette et déterminable des calices rayonnés, constituant les colonies d'individus agglomérés. Le facies est donc assez semblable à celui que nous avons observé dans l'aptien et dans la partie supérieure des bancs d'asphalte de Travers ; seulement la roche est ici absolument blanche, dépourvue de grains glauconieux, en sorte que le bitume ressort nettement par sa couleur plus ou moins brune.

Ce n'est pas tout. A la partie inférieure de la carrière, la roche présente une disposition plus régulièrement stratifiée, en couches plongeant vers le lac; l'une des couches, moins caverneuse, plus homogène quoique tendre, n'est autre chose qu'un banc d'asphalte maigre. tout à fait semblable à la crappe du Val-de-Travers. D'abord peu puissante, elle augmente d'épaisseur en s'enfonçant sous le calcaire blanc, recouvert lui-même par

les dépôts erratiques, en sorte qu'il ne peut être question, pour le moment, de reconnaître si, en profondeur, la crappe passe à l'asphalte de bonne qualité. Nous verrons plus loin que l'asphalte de la vallée du Rhône se présente dans des conditions assez semblables.

Saint-Aubin. L'asphalte de Saint-Aubin est connu dès longtemps. Le gisement a fait l'objet d'une concession et d'une exploitation temporaire de peu de durée. Je l'ai visité à diverses reprises, mais toujours j'ai constaté que la roche de bonne qualité fait défaut; ici encore on ne trouve que la crappe en plusieurs couches, séparées par des bancs stériles.

Mais ce qui est particulièrement intéressant, c'est qu'ici le bitume imprègne l'urgonien inférieur, le calcaire jaune à échinodermes, et non comme partout ailleurs le calcaire à caprotines.

L'exploitation de Saint-Aubin portait sur trois couches de calcaire bitumineux, d'une richesse moyenne de 3 °/₀. Leur épaisseur réunie était de deux à trois mètres. Au-dessous, venaient quelques couches sans asphalte, puis de nouveau une seconde et une troisième zone asphaltique, d'environ un mètre, avec une teneur en bitume de 0,75 °/₀ seulement.

Les couches supérieures, inclinées à peu près comme le sol, se retrouvaient sous le bâtiment de l'hôtel Pattus, ainsi que sur la grève du lac. Sur ce point, elles ont disparu par suite du dépôt de matériaux de remplissage.

Le Mormont, Mont-Mouret près Divonne, *Villeneuve* près Thoiry. De Saint-Aubin, il faut se transporter jusqu'au Mauremont, près de La Sarraz, pour retrouver des indices de l'existence du bitume dans l'urgonien. A mesure qu'on avance vers le sud, la structure de ce terrain devient de

plus en plus compacte; le facies saccharoïde disparaît déjà aux carrières de la Raisse, près de Concise, aussi n'est-ce point l'asphalte que nous pouvons nous attendre à rencontrer, mais bien le bitume pur, un *malthe*, en quantité peu considérable d'ailleurs. C'est sous cette forme qu'on l'a rencontré au milieu des bancs de calcaire massif qui constituent la colline du Mauremont, près de La Sarraz, sorte de promontoire avancé de bordure crétacique du Jura dans les puissants dépôts de la molasse.

Ce n'est pas positivement dans des fissures ou des crevasses, comme celles que remplit le terrain sidérolitique, qu'on découvre ce bitume, mais plutôt dans des cavités ou poches tapissées de carbonate de chaux, en plein banc calcaire. Ici encore, le bitume a été emmagasiné, renfermé dans la roche au moment de sa formation, et n'a pu y pénétrer postérieurement. Il arrive même qu'au moment où on brise la roche, une partie du bitume plus liquide, semblable au pétrole, s'épanche à l'extérieur, en sorte qu'on ne peut recueillir que le résidu solide[1].

Au sud de La Sarraz, l'urgonien disparaît rapidement sous un épais manteau de glaciaire; ce n'est qu'au sud de Divonne qu'on voit reparaître les trois étages du néocomien, formant un promontoire qu'on appelle le Mont-Mouret ou Mont-Mussy. M. H. Schardt m'annonce avoir découvert, dans une carrière, un banc de quelques mètres d'épaisseur de calcaire urgonien blanc saccharoïde, im-

[1] L'asphalte vrai a été exploité non loin du Mauremont, d'après ce que je lis dans les *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1829. « M. le professeur Gilliéron a communiqué les observations qu'il a faites sur les couches de pierre à chaux, fortement inclinées du sud-est au nord-ouest, dans les environs de Goumoëns, et sur l'asphalte qu'on y a exploité jadis. »

prégné par places d'asphalte, en proportions assez faibles. Il y aurait là quelque chose d'analogue au gisement de Bevaix.

Plus au sud encore, la bande crétacée disparaît de nouveau, pour reparaître bientôt à Crozet, Villeneuve, Thoiry et Allemogne, où de grandes carrières sont ouvertes dans l'urgonien compact. Ici encore, M. Schardt me dit avoir découvert des crevasses remplies d'une argile verdâtre ainsi que d'un bitume visqueux très abondant, qui s'écoule en longues traînées lorsqu'on exploite la roche.

Mussiège, Frangy. La chaîne du Crédo, au sud du Fort l'Écluse s'infléchit à l'est, et semble vouloir relier le Jura aux Alpes de la Haute-Savoie par le chaînon du Vuache, lequel cependant disparaît sous la molasse aux environs de Frangy et de Mussiège, sur la rivière des Usses. Là encore, l'urgonien est puissamment développé et, toujours d'après M. Schardt, on retrouve de l'asphalte. « C'est, me dit-il, d'abord un calcaire bréchiforme, puis poreux et injecté d'asphalte, qui se présente sur le sentier qui conduit de Malpas au village de Mussiège. Le prolongement de cette assise se remarque également sur le plateau de Mussiège, et on l'exploite sur plusieurs points au Pont des Douattes, au sud de ce village.

Lovagny, Bourbonge, Chavaroche. Les gorges du Fier, remarquables par leur caractère sauvage et pittoresque sont creusées au milieu d'un puissant massif de calcaire urgonien compact, surmonté lui-même par les couches saccharoïdes blanches et friables. C'est dans cette assise que sont ouvertes, sur trois points, des exploitations d'asphalte. Il existe dans deux bancs de 4 à 5 mètres d'épaisseur, séparés par la roche blanche. L'étendue de

ces bancs est très limitée, à peine une cinquantaine de mètres. L'asphalte, de qualité moyenne dans le milieu des bancs, passe peu à peu, en hauteur et en largeur, à la crappe très maigre, puis à la roche blanche. Lorsque j'ai visité les carrières l'année dernière, l'exploitation sur la rive droite du Fier, sous le village de Lovagny, était suspendue, problablement pour cause d'épuisement. Ce gisement est rendu très intéressant par le suintement du bitume sur les parois et au plafond des galeries. Celui-ci est constitué pas un dépôt de graviers quaternaires qui se sont écroulés dans les galeries, en sorte qu'on voit maintenant les matériaux cimentés et agglomérés par un dépôt de bitume pur très abondant.

Pyrimont, Volant, Challonges. Sous le nom de mines d'asphalte de Seyssel, on a désigné jusqu'ici divers gisements aux environs de Pyrimont, dans la vallée du Rhône, à 6 kilomètres au nord de Seyssel, où se trouvent les usines pour la préparation du mastic d'asphalte. Je dirai rapidement quelques mots des gisements que j'ai eu l'occasion de visiter en 1872.

La mine de Pyrimont paraît être depuis longtemps épuisée. Elle était située au sommet d'une colline, sur la rive droite du Rhône. Il existait deux couches, dont l'une, superficielle, était exploitée en carrière et séparée de l'autre par une assise stérile, sans bitume. Ici encore, grande irrégularité dans le dosage, qui ne dépassait pas 8 °/₀, ainsi que dans la nature de la roche, tantôt à grain fin, tantôt à gros grain cristallin.

Le gisement de Challonges, indiqué par M. Malo sous le nom de Volant-Perrette, est situé sur la rive gauche du Rhône, en face de Pyrimont, au flanc d'une paroi escarpée de l'urgonien, d'une grande hauteur. Il m'a été

dit que l'on comptait sept couches d'asphalte, superposées et séparées par le calcaire blanc sans bitume; mais à mon point de vue ce sont plutôt des lentilles de 50 à 100 mètres d'étendue, finissant en coin et s'emboîtant les unes dans les autres.

Du reste, c'est toujours à peu près la même chose qu'à Pyrimont, Lovagny, Mussiège. Tout au plus peut-on admettre que, dans certaines galeries, le dosage du bitume atteint 10 °/₀.

La couche supérieure présente aussi un certain intérêt, à cause de la pénétration du banc d'asphalte par des crevasses remplies de marne verte, que je considérais précédemment comme un détritus des molasses bitumineuses qui constituent le sommet de la colline. Il se pourrait après tout que ces marnes se rattachassent au terrain sidérolitique, car on les trouve associées aux bolus des crevasses sur divers points au mont de Chamblon, au Mauremont, etc.

Il n'est pas rare d'observer des traces de remaniements des roches pendant leur formation, c'est-à-dire des morceaux de calcaire blanc pur, intercalés dans l'asphalte, ou bien des fragments d'asphalte dans le calcaire blanc. Ce sont tout autant d'indices de changements répétés pendant la phase de formation de ces terrains.

Bellegarde. La vallée du Rhône à Bellegarde est remarquable par le développement et la puissance de l'urgonien, qui se présente sous trois facies distincts, savoir : à la partie supérieure le calcaire à Ptérocères, roux jaunâtre, puis au-dessous, le calcaire gris dur, en deux assises, séparées par le calcaire blanc friable.

En 1872, sur le chemin qui conduit à la Perte du Rhône, j'ai constaté l'existence de nombreuses fissures dans le

calcaire dur, remplies de bitume visqueux à une chaleur modérée, solide et cassant au froid. J'ai de même recueilli dans les calcaires blancs friables divers fossiles (Inocerames), dont le test, en partie résorbé et spathisé, était remplacé par du bitume, colorant la roche en brun-chocolat, comme à Bevaix.

Forrens près Chézery. L'existence de l'asphalte a été signalée dans la vallée de la Valserine, au nord de Bellegarde, entre autres à Lelex, mais je n'ai pas d'indication sur ce gisement. En revanche, j'ai obtenu de M. H. Schardt divers renseignements sur celui de Chézery, qui se trouve un peu plus au sud, vers Bellegarde. On exploite là un calcaire crayeux friable assez puissant, mais inégalement imprégné de bitume. Certaines parties, d'une blancheur éclatante, en sont entièrement privées. On trouve aussi dans la roche bitumineuse des fragments plus compacts non imprégnés. Des fissures traversant la roche renferment parfois une argile verdâtre, qui accompagne souvent le sidérolitique, comme au Chamblon et au Mauremont.

Urgonien non asphaltique. Je n'ai jusqu'ici recueilli aucun indice de la présence du bitume ou de l'asphalte dans l'urgonien des vallées intérieures du Jura autres que le Val-de-Travers et la vallée du Rhône. Ce terrain est pourtant largement développé dans le Val d'Auberson, dans ceux de Nozeroy, de Mouthe et de Saint-Point. Il semble dès lors que les gisements bitumineux soient circonscrits au pourtour du chaînon oriental, où ils forment deux groupes, celui du nord avec les gisements du Val-de-Travers et de Saint-Aubin comme centres de formation, et celui du sud avec Pyrimont, Mussiège et Chavaroche. Je me borne pour le moment à signaler le fait, me proposant d'y revenir dans la troisième partie de ce travail.

On sait que l'urgonien atteint une très grande puissance dans le grand massif des Alpes du Faucigny. M. Maillard, qui a étudié très soigneusement cette région, me dit n'avoir découvert nulle trace quelconque de bitume. Même au Salève, où l'urgonien forme le couronnement de la montagne, on n'a signalé jusqu'ici aucune trace de bitume ou d'asphalte.

Résumé. Si la manière d'être, le facies général de l'asphalte urgonien au Val-de-Travers pouvait laisser quelques doutes sur les conditions d'origine et de formation de cette substance, il n'en est plus de même lorsqu'on tient compte des circonstances variées que présentent les gisements que je viens de signaler. Nous avons vu en effet que, de l'asphalte proprement dit, on passe aux calcaires subcompacts, inégalement pénétrés par le bitume, puis absolument compacts, renfermant des cavités géodiques dans lesquelles le bitume se maintient absolument isolé de la roche encaissante. Il me paraît aussi impossible de concevoir la pénétration subséquente du bitume dans le calcaire caverneux de Bevaix que dans la roche compacte du Mauremont, de Villeneuve, de Bellegarde, etc. Cette substance est contemporaine de la formation des couches ; elle a été englobée, enfermée dans la roche en voie de formation, de façon à y rester indéfiniment, c'est-à-dire jusqu'au moment où, par une cause quelconque, il s'est produit une communication avec l'extérieur. C'est ce que nous montre avec la plus grande évidence le gisement de Lovagny, où, par suite de l'inégalité d'imprégnation de la roche, le bitume, dégagé des parois, tend à se déplacer, à constituer de nouveau des amas, purs de tout mélange avec des roches étrangères.

2. *Gisements jurassiques.*

Vallorbes. La présence de l'asphalte aux Époisats, sur la route de Vallorbes à la Vallée de Joux, est connue depuis la fin du siècle dernier. Un nommé Glardon exploitait cette substance pour la fabrication d'un ciment ou mastic qui jouissait d'une certaine réputation.

En 1872, une société entreprit le creusage de galeries et de puits, en vue de l'exploitation. Appelé à étudier le gisement, je reconnus bientôt les faits suivants :

L'asphalte proprement dit est une espèce de brèche de graviers calcaires, cimentés par le bitume, remplissant une fissure du calcaire oolithique inférieur. Cette fissure verticale, orientée sud-nord, correspond exactement à un axe de dislocation qui affecte tous les chaînons du Jura, au sud et au nord de Pontarlier. On pourrait, au premier abord, voir dans cette disposition une preuve de l'origine interne et profonde du bitume qui cimente la roche calcaire. J'ai pu me convaincre qu'il n'en est rien, en rencontrant, dans les galeries creusées à travers les couches verticales de calcaires marneux du bathonien, des fissures remplies de bitume noir et luisant, visqueux, se ramollissant avec une faible élévation de la température. Les parois des fissures sont tapissées de cristaux de carbonate de chaux, mais ceux-ci, non plus que la roche, ne sont jamais pénétrés par le bitume. Il est pour moi incontestable que c'est latéralement que le bitume, sortant de la roche calcaire à ciment, a envahi la fissure remplie de matériaux calcaires et en a cimenté les éléments. J'ajouterai que le filon ne présente qu'une étendue très restreinte, soit une longueur d'une centaine de mètres. Large

de deux ou trois mètres à la surface, il disparaît en profondeur et ne présente aucune chance favorable d'exploitation.

Noiraigue. Dans les carrières ouvertes au Furcil, près de Noiraigue, au milieu de couches d'âge géologique semblable, c'est-à-dire bathoniennes, on retrouve également des filons croiseurs des couches, tapissés de carbonate de chaux et remplies de bitume, que la chaleur solaire fait suinter à l'extérieur en été. D'autres cavités, moins étendues, sans cristaux, laissent également écouler, au moment de l'exploitation, un bitume plus abondant et tout à fait semblable à celui de Vallorbes. Enfin, on trouve encore cette substance dans les fissures de grandes Ammonites.

Autres gisements. Dans une tranchée de la nouvelle route de la Brévine à Couvet j'ai observé des fissures du calcaire spongitien renfermant un bitume peu abondant, mais très liquide, presque pétrolifère. Ici encore, la roche est absolument impénétrable au bitume.

Il en est de même à deux ou trois kilomètres à l'est, au Chable, où la tradition indiquait une mine d'asphalte; j'y ai trouvé le bitume dans les mêmes conditions de gisement et les mêmes couches géologiques.

J'ai aussi trouvé de ce bitume dans le calcaire ptérocérien des Pargots, près des Brenets.

On a encore signalé la présence du bitume dans le calcaire compact du ptérocérien des carrières de Soleure.

3. *Gisements molassiques.*

Mathod, Chavornay, Orbe. Le terrain tertiaire du pied du Jura, à Saint-Blaise, à Boudry, ainsi que dans la zone qui s'étend de Concise vers le sud, jusqu'au Fort l'Écluse,

est un complexe de couches de marnes sableuses rouges ou violacées, de grès molassiques et enfin de calcaire lacustre, appartenant à l'étage aquitanien. Ce calcaire lacustre, aussi appelé *calcaire fétide*, à cause de l'odeur qu'il répand au choc du marteau, est généralement désigné à tort sous le nom de *calcaire bitumineux*. Je dis à tort, car en réalité je n'y ai jamais observé de bitume, tandis que cette substance imprègne plus ou moins fortement certaines couches de molasse, en sorte que les gisements ont pu être confondus par divers auteurs avec les gisements asphaltiques.

Un examen tant soit peu sérieux permet de reconnaître que ce n'est point un bitume solide qui peut être extrait de cette molasse, mais bien une substance plus ou moins fluide, c'est-à-dire du pétrole. Les gisements connus à ce jour sont ceux de Mathod, Orbe, Chavornay, Dardagny, etc. Voici à ce sujet quelques notes.

Le gisement de Mathod, que je n'ai jamais eu l'occasion de visiter, est signalé en ces termes par M. S. Chavannes, dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles :

« On retrouve la molasse rouge près de Mathod où l'on a exploité dans le temps une couche de grès bitumineux. »

En juillet 1872, je visitai le ravin du Talent, au sud de Chavornay, afin d'observer le gisement bitumineux signalé dès longtemps. Voici ce que j'observai :

La molasse imprégnée de bitume constitue un banc de 1 mètre d'épaisseur, horizontal, dans le lit de la rivière. Ce banc est intercalé dans le milieu d'une série de couches de molasse marneuse, rouge violacée. Le bitume est peu abondant, mais on conçoit facilement comment

il se fait que, dans les jours chauds de l'été, il soit entraîné en gouttelettes par l'eau courante.

Je visitai également le gisement du Chalet, à l'ouest du ravin escarpé de l'Orbe. Là, le bitume imprègne une molasse moins homogène, traversée par des filons de marne bigarrée et par des couches de molasse plus dure; l'odeur de pétrole est très caractéristique.

Dardagny, *Satigny*. Les gisements bitumineux du canton de Genève ont été pendant quelques années, de 1872 à 1880, l'objet de recherches assez importantes, en vue d'une exploitation industrielle. Je les ai visités moi-même en 1872; à cette époque déjà, le gisement le plus ancien, indiqué dans la carte fédérale sous le nom de *Mine de goudron*, était abandonné et les travaux de recherches portés un peu plus au nord vers Roulevaz, petit ruisseau au nord de Dardagny. Dans un puits, récemment creusé, je constatai les grandes irrégularités d'imprégnation et l'extrême variété de nature de la molasse. Plus tard, en 1880, les travaux ayant été poursuivis, mon ami M. Schardt eut l'occasion de les visiter et m'écrivait ce qui suit :

« Le banc de bitume lui-même est une molasse friable, micacée, composée de matériaux plus ou moins fins : elle est brune ou noire, suivant la quantité de bitume qu'elle renferme; elle est grise et dure lorsqu'elle n'en renferme pas.

« La puissance du banc est de 18 mètres en moyenne; il paraît imprégné de bitume dans toute son épaisseur, mais d'une manière très inégale, de telle sorte qu'on trouve, sur un espace de quelques mètres carrés, des places tellement riches que le bitume suinte de la roche à l'état semi-liquide, surtout lorsqu'elle est exposée au

soleil, tandis que quelques centimètres plus loin, la roche en est dépourvue. Cette molasse est suivie d'une série innombrable de couches marneuses, rouges, violacées, sans fossiles et sans bitume, lequel ne se trouve que dans le banc de 18 mètres. Ce n'est pas précisément de l'asphalte, mais plutôt une espèce de goudron, dont l'odeur est semblable à celle du pétrole brut, etc. »

Volant-Perrette. Le gisement asphaltique de Pyrimont (*montagne brûlante*), fut d'abord reconnu et concédé en vue de l'exploitation du bitume ou *graisse*, contenu dans la molasse verte, superposée au calcaire urgonien asphaltique. Pendant un certain temps, on exploita simultanément les deux assises, le bitume de distillation de la molasse servant à enrichir l'asphalte destiné à la fabrication du mastic. Depuis une trentaine d'années on a renoncé à l'exploitation du bitume molassique.

J'ai visité en 1872 le gisement de Volant-Perrette sur la rive gauche du Rhône. La molasse bitumineuse est immédiatement superposée à l'urgonien. Les couches, de nature et d'épaisseur variées, passent du grès fin et homogène au grès grossier et au conglomérat bréchiforme. La stratification est très irrégulière, les couches finissent en coin, comme dans les dépôts diluviens et quaternaires. Le bitume se présente dans les couches tendres, marno-sableuses, aussi bien que dans les poudingues. Ceux-ci sont formés d'éléments calcaires qui, quoique enveloppés de bitume noir, très abondant, ne sont absolument pas pénétrés et restent parfaitement blancs. La roche présente, du reste, la plus singulière ressemblance avec l'asphalte du terrain jurassique inférieur des Époisats, près Vallorbes.

J'ai recueilli dans la molasse sableuse des moules in-

térieurs de mollusques bivalves, probablement des *Unios*, imprégnés de bitume.

Vallée de la Valserine. Le grès bitumineux a été retrouvé par M. Schardt au nord de Pyrimont, dans le vallon ou combe de la Mantière au pied occidental du Grand-Crédo. Là encore, c'est une molasse imprégnée de bitume, semblable à celle de Dardagny, et qui paraît avoir aussi donné lieu à des tentatives d'exploitation.

Le bitume et le pétrole à Lobsann et Pechelbronn. La molasse bitumineuse n'étant plus exploitée dans les localités donc je viens de parler, il s'ensuit que nos données sur la manière d'être du bitume dans les couches sont très incomplètes. Il n'en est pas de même à Lobsann et Pechelbronn, dans le Bas-Rhin, où l'exploitation a permis à M. Daubrée de reconnaître nombre de faits intéressants que je vais résumer ici[1].

A Pechelbronn, le pétrole se présente dans des sables et grès bitumineux de même nature et de même âge que ceux que je viens de signaler. Les *amas* bitumineux appelés *veines*, ont de $0^m,80$ à 2^m; vers les bords, leur épaisseur diminue de façon à ce que la section de l'un de ces amas est lenticulaire. L'eau d'une source amène à la surface un bitume vierge, plus fluide que celui que l'on extrait du sable par distillation. Certaines veines de sable exhalent de l'hydrogène protocarboné avec une abondance capable de produire des inflammations dans les travaux.

[1] *Mémoire sur le gisement du bitume, du lignite et du sel dans le terrain tertiaire aux environs de Pechelbronn et de Lobsann.* Paris, 1850. Depuis quelques années, des sondages ont fait jaillir le pétrole à la manière des puits de la Pensylvanie. Certains puits fournissent par jour jusqu'à 1000 litres et plus.

A Lobsann, on a aussi exploité le sable bitumineux, mais il renfermait rarement au delà de 4 °/₀ de bitume. Celui-ci s'éloigne beaucoup plus de l'état fluide que celui de Pechelbronn et appartient à la variété qu'on appelle *malthe*.

Le bitume existe aussi et est exploité dans des bancs de calcaire d'eau douce saccharoïde, subordonnés à de minces couches de lignite. La proportion du bitume mêlé au calcaire s'élève à 10, 12 et même jusqu'à 18 °/₀. C'est, en un mot, de l'asphalte.

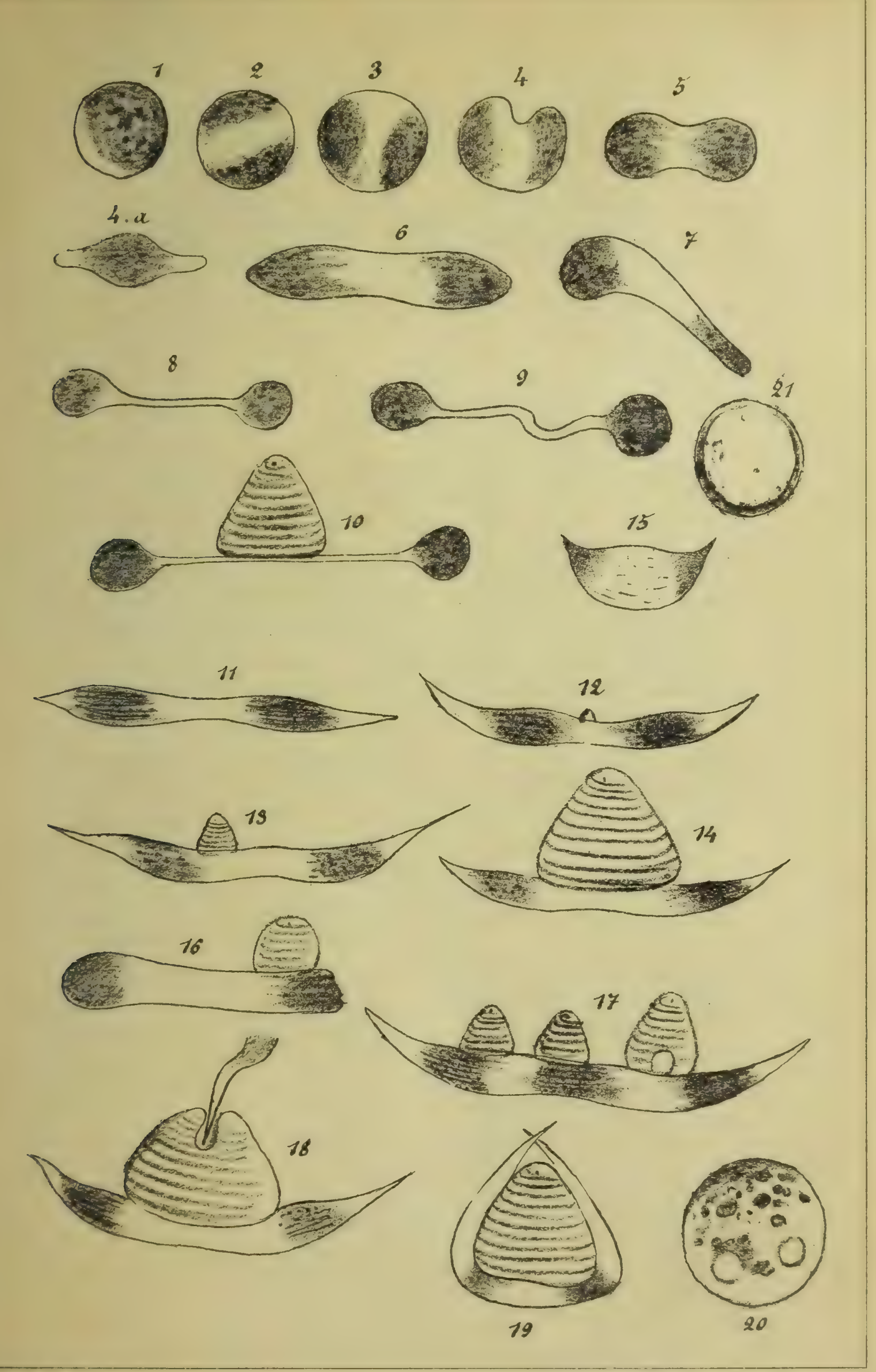
Le mode d'imprégnation du calcaire et du sable diffère considérablement. Il n'est pas possible, même à l'eau bouillante, d'extraire le bitume du calcaire. Ces couches renferment assez abondamment des fossiles, coquilles terrestres, planorbes, paludines, empreintes de feuilles, lignite, succin.

Des couches de sable bitumineux se retrouvent aussi dans le Haut-Rhin, près de Hirtzbach, dans le terrain tertiaire.

A Soultz-sous-Forêts, de l'eau salée sort des couches mêmes qui contiennent le sable bitumineux. Tout porte à croire que ces eaux empruntent leur salure aux couches tertiaires.

Ainsi qu'on le voit, ici encore il y a une grande différence dans le mode d'imprégnation et la nature du bitume, suivant qu'on l'observe dans le grès sableux ou dans le calcaire.

(*A suivre.*)



Lith. Duc, Genève

Prof. Dr Robert Chodat ad nat. del.

Formation des leucites amylogènes dans le pseudobulbe de Calanthe Sieboldtii.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

N.-C. Dunér. Sur la rotation du soleil. (*Astron. Nachrichten,* vol. 124, p. 267.)

M. Dunér a fait durant les trois derniers étés des recherches sur la rotation du soleil au moyen d'un spectroscope à réseaux de diffraction de Rowland adapté au réfracteur de l'observatoire de Lund. Ce spectroscope a une puissance de dispersion considérable et permet de déterminer avec une grande exactitude la différence de longueur d'onde de raies très voisines du spectre solaire.

M. Dunér s'en est servi pour mesurer les déplacements des raies spectrales en comparant les spectres des deux bords opposés du soleil à une même latitude héliocentrique. Par cette mesure on obtient la vitesse avec laquelle les points du bord s'approchent ou s'éloignent de la terre par le fait de la rotation même du soleil.

Les mesures de la vitesse obtenues par M. Dunér donnent pour la durée de la rotation du soleil, calculée pour différentes latitudes héliocentriques, les valeurs suivantes :

Latitude	0° (équateur solaire)	25.46	jours moyens.
»	30°	27.57	»
»	60°	33.90	»
»	75°	38.54	»

On savait déjà par l'observation des taches du soleil que

les portions de la surface voisines de l'équateur avaient un mouvement de rotation plus rapide que les régions situées sous une latitude plus élevée. Mais on n'observe des taches que très exceptionnellement au delà de 35° de latitude et les résultats obtenus par M. Dunér, d'après une méthode tout à fait indépendante, confirment brillamment ce fait extraordinaire, en l'étendant aux parallèles rapprochés des pôles pour lesquels on ne possédait aucune donnée.

R. G.

G.-V. Schiaparelli. Considerazioni sul moto rotatorio del pianeta Venere. Rotation de la planète Vénus. (*Comptes rendus de l'Institut royal lombard,* 2me série, vol. XXIII.)

La rotation de la planète Vénus est une des questions les plus incertaines et les plus contestées en astronomie. La surface de la planète présente rarement des taches, et celles que l'on voit sont généralement très indécises. M. Schiaparelli, en reprenant ce sujet et en faisant l'objet de ses recherches et de ses observations, a tenu à réunir tous les documents historiques et à les soumettre à une critique scientifique.

C'est Dominique Cassini qui a le premier observé, à Bologne, en 1667, des taches sur Vénus, mais il n'en a pas tiré de conclusions précises sur la durée de la rotation de la planète. F. Bianchini qui a étudié attentivement la planète à Rome en 1726 et 1727 a déduit de ses observations de taches une rotation de plus de 24 jours. Ce résultat a été l'objet des critiques de Jacques Cassini qui, en se fondant sur les observations faites par son père, a trouvé une durée de rotation de moins de 24 h. (23 h. 20 m.).

A la fin du XVIIIme siècle, W. Herschel (1777) observa quelques faibles taches sur le disque de Vénus, mais tellement indécises et inconstantes qu'il n'en put rien tirer. Schrœter, à Lilienthal, déduisit de ses observations (1779-1792) de la planète, appliquées spécialement à la forme tronquée des extrémités des cornes, une confirmation de la rotation trouvée par Cassini. Enfin dans notre siècle, en 1839,

le P. De Vico reprit la question, et de ses observations faites à Rome au Collège Romain et d'une soi-disant revision de celles de Bianchini il crut pouvoir conclure à une durée de rotation de 23 h. 20 m. environ, résultat conforme à celui de Cassini.

M. Schiaparelli a consacré un grand nombre de pages au résumé de tous ces travaux, et montré que beaucoup des résultats ainsi obtenus reposent sur des raisonnnements spécieux. Puis il passe à l'étude des observations plus modernes.

Dans le courant de l'hiver 1877-1878, M. Schiaparelli a observé avec le réfracteur de 8 pouces de l'observatoire de Milan, durant plus d'un mois, près de la corne australe de Vénus, des taches de forme assez bien déterminée et qui se sont montrées remarquablement constantes dans leur forme et dans leur position. Ces observations sont confirmées par quelques constatations analogues faites à la même époque par M. Holden à Washington, M. Niesten à Bruxelles et M. Trouvelot à Cambridge (Massachusetts).

Des observations de taches semblables avaient été faites par Gruithuisen à Monaco en 1813 et 1814, par MM. Vogel et Lohse à Bothkamp en 1871 et enfin par M. Denning en 1881. En utilisant toutes ces observations, M. Schiaparelli a cherché quelles conclusions probables elles pouvaient fournir pour la durée de rotation de la planète. Il faut naturellement admettre pour cela, comme on l'admet pour le Soleil et pour Jupiter, que ces taches, assez peu nettes et résultant probablement de phénomènes atmosphériques, peuvent être utilisées pour la recherche de la rotation du corps même de la planète.

M. Schiaparelli a d'abord tenté de représenter ces observations au moyen des éléments trouvés pour la rotation par De Vico et par Bianchini. Aucune des deux rotations de 23 h. 20 m. et 24 j. $^1/_3$ ne pouvait y satisfaire, pas plus que les valeurs assez faibles trouvées par ces deux observateurs pour l'inclinaison de l'axe de rotation sur le plan de l'orbite.

La grande constance de position des taches observées par M. Schiaparelli en 1877-1878, constance manifestée non seulement durant plusieurs jours et semaines, mais encore à diverses heures du jour, amène le savant directeur de l'ob-

servatoire de Milan à quelques conclusions dont voici les plus importantes :

1° La rotation de Vénus est très lente et se fait de telle façon que la position des taches par rapport au cercle de séparation de l'ombre et de la lumière ne subit pas de variation appréciable pendant l'espace d'un mois.

2° Du petit nombre d'observations de taches bien définies que l'on a pu recueillir, on obtient, comme résultat le plus probable, que la rotation a une durée égale à la révolution sidérale de la planète, soit **224.70** jours et a lieu autour d'un axe à peu près perpendiculaire au plan de l'orbite.

3° Les vrais éléments du mouvement de rotation peuvent différer un peu de ces indications. Les observations seraient encore représentées avec une approximation suffisante par des périodes de 6 mois ou de 9 mois, mais la probabilité est pour la période de **224.70** jours. La déviation possible de l'axe de rotation d'avec la perpendiculaire à l'orbite peut aller à 10° ou 15°. R. G.

CHIMIE

R. NIETZKI. FORMATION D'AZINES AU MOYEN DES DIAMINES ET DES POLYAMINES. (*Berichte,* XXII, p. 3039, Bâle.)

Le tétramidobenzol et le triamidobenzol asymétrique se condensent sous l'action de l'oxygène de l'air respectivement en tétramido- et triamidophénazine; deux ou un groupe amido sont donc éliminés, et la condensation se fait de telle sorte, que deux groupes o. amido se placent dans la position para relativement aux autres groupes amido de la seconde molécule; si la position est déjà occupée, deux ou un groupe amido sont éliminés.

N
NH_2
NH_2
N

Heinrich Goldschmidt. Sur les oximes. (*Berichte,* XXII, p. 3101, Zurich.)

Les combinaisons oxyimidées se combinent facilement en dissolution dans le benzol avec l'isocyanate de phényle, en donnant des éthers de l'acide phénylcarbaminique. Ainsi, par exemple :

$$C_6H_5OH{=}NOH + C_6H_5NCO = C_6H_5CHNOCONHC_6H_5.$$

Goldschmidt a étudié, avec W. Schulthess, l'action de l'isocyanate de phényle sur l'aldoxime, l'acétoxime et homologues supérieurs, et, avec Julius Strauss, son action sur la chinoneoxime et les isonitrosocétones ; de nombreux dérivés ont été étudiés. L'isocyanate de phényle est un bon agent pour découvrir des différences de constitution, parce que la présence de l'eau peut être évitée, aussi Goldschmidt a-t-il encore étudié son action sur les isomères de la benzaldoxime et sur les oximes du benzil.

Ira Moore. Produits de condensation des carbodiimides aromatiques avec les orthodiamines. (*Berichte,* XXII, p. 3186, Zurich.)

L'auteur a préparé divers dérivés de la diphénylamidométhylène-o-phénylènediamine et de la di-p-tolylamidométhylène-o-phénylènediamine [1] ; les plus intéressants sont les tétradérivés (tétramines) qui, chauffés de nouveau avec de la carbodiphénylimide à 200°, donnent de nouvelles bases (hexamines), dont divers dérivés ont aussi été préparés ; la constitution de ces hexamines n'est pas encore établie, cependant I. Moore propose pour le dérivé tétraphénylé la formule suivante :

$$\begin{array}{ccccc} & & N & & \\ C_6H_5HN\diagdown & \diagup & | & \diagdown & NHC_6H_5 \\ & \rangle C & C_6H_4 & C & \\ C_6H_5HN\diagup & \diagdown & | & \diagup & NHC_6H_5 \\ & & N & & \end{array}$$

[1] *Archives*, XXIII, p. 267.

G. LUNGE. NOUVEL APPAREIL POUR MESURER LES GAZ. (*Berichte,* XXIII, p. 440, Zurich.)

Cet appareil permet de se passer des tables de réduction barométrique et thermométrique, non seulement dans l'analyse des gaz, mais aussi dans les analyses volumétriques de corps solides ou liquides; il consiste en trois tubes ou réservoirs communiquant les uns avec les autres par des tubes en caoutchouc et remplis partiellement de mercure formant obturation et permettant par leur élévation relative d'obtenir des variations de pression; l'un de ces tubes, gradué, sert à recueillir le gaz à mesurer, le second renferme un volume d'air humide connu correspondant exactement à 100 cc. ou 50 cc. d'air à 0° et 760 mm. de pression, ce qui a été établi une fois pour toutes par les méthodes ordinaires, le troisième tube sert à ramener par la pression du mercure le volume du gaz du second tube à une marque établie une fois pour toutes. On voit que le mercure étant à la même hauteur dans les deux premiers tubes, les gaz y seront ramenés à la même pression comparable, et la réduction du volume de gaz en expérience se fait sans l'aide de tables; il n'y a à effectuer par le calcul que la réduction du volume en poids, et encore pourrait-on se servir pour le dosage de l'azote d'un tube gradué, non pas en centimètres, mais en divisions égales à 0,798 cm., dont chacune représente en poids 1 mg. d'azote.

Les dosages du chlorure de chaux par le peroxyde d'hydrogène se font très rapidement au moyen de cet appareil, il faut seulement avoir soin d'employer H_2O_2 au titre maximum de 2 % et qu'il soit légèrement alcalinisé, de même pour l'analyse industrielle des peroxydes de manganèse et le titrage de solutions de permanganate de potasse, dans ce dernier cas, H_2O_2 doit être en excès et acidifié par l'acide sulfurique. (*Zeitsch. ang. Chemie,* 1890, p. 6.)

Erratum au N° de mai.

Page 413, ligne 4, *au lieu de :* 0,2655,1036, *lisez :* $0{,}2655.10^{-36}$.
Page 413, ligne 13, *:au lieu de :* 1036 molécules, *lisez :* 10^{36}.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

Séance du 2 avril 1890.

Édouard Sarasin et Lucien de la Rive. Sur la résonance multiple des ondulations électriques de Hertz. — Eug. Renevier. Origine et âge des gypses et cornieules de nos Alpes. — E. Chuard, prof. Sur la précipitation du carbonate basique de cuivre par les carbonates alcalins.

M. Ed. Sarasin présente à la Société les principaux résultats des recherches que M. Lucien de la Rive et lui ont entreprises ***sur les ondulations électriques.*** Il fait d'abord un rapide exposé des travaux et des découvertes de M. Hertz, professeur à Bonn, puis insiste plus particulièrement sur les faits nouveaux que M. de la Rive et lui ont mis en lumière, spécialement en ce qui a trait à la résonance multiple des ondulations hertziennes[1].

Ensuite des démonstrations de M. Sarasin, M. L. de la Rive communique quelques considérations théoriques sur le même sujet.

[1] Voir pour ce travail *Archives des scienc. phys. et nat.*, 1890, tome XXIII, p. 113.

Ainsi que M. Hertz l'a montré, le système d'interférences de force électro-motrice le long du fil où se propage l'ondulation électrique est analogue à celui d'une onde sonore dans un tuyau ouvert. On peut donc lui appliquer la théorie des réflexions multiples aux extrémités et en effet les conséquences de ces formules connues se trouvent bien d'accord avec les résultats expérimentaux.

La résultante des états oscillatoires simultanés en un point M du fil, qui se trouve à une distance x de l'extrémité la plus éloignée du vibrateur, est donnée par l'expression ordinaire d'une quantité oscillatoire, c'est-à-dire un sinus du temps et de la phase, avec un coefficient d'amplitude ou d'intensité. Celui-ci dépend d'une part de la longueur totale du fil et de l'autre de la valeur de x. Il y a maximum général lorsque la longueur l satisfait à la condition que $l + r$ soit un nombre entier pair de fois $\frac{\lambda}{4}$, en désignant par r le retard dû à la réflexion aux extrémités et par λ la longueur d'onde. Des maxima et des minima successifs le long du fil correspondent à des valeurs de x différant de $\frac{\lambda}{4}$; le premier nœud est à une distance $\frac{\lambda}{4} - \frac{r}{2}$ de l'extrémité. Le rapport des intensités respectives aux ventres et aux nœuds est exprimé par $\frac{1 + m}{1 - m}$, en appelant m le coefficient de réflexion.

Les expériences avec le résonateur sont supposées donner la valeur de la force électro-motrice dans le plan transversal au fil au point M. C'est donc cette quantité qui est assimilée à la vitesse d'oscillation de la tranche de l'onde sonore et exprimée par les formules qu'on vient de rappeler. On trouve, comme la théorie l'indique, une succession de nœuds et de ventres équidistants; le premier nœud est à une distance de l'extrémité moindre que $\frac{\lambda}{4}$ et cette différence, valeur de $\frac{r}{2}$, est à peu près 0.1 λ. Quelques mesures de la longueur de l'étincelle permettent d'évaluer à $\frac{3}{2}$ envi-

ron le rapport des intensités aux ventres et aux nœuds, ce qui donne pour m la valeur $\frac{1}{5}$. La petitesse de ce nombre explique pourquoi la variation de la longueur du fil est sans influence, contrairement à la théorie sur l'intensité générale. La variation totale de celle-ci a pour expression $\frac{1+m^2}{1-m^2}$, rapport égal à $\frac{26}{24}$, et trop voisin de l'unité pour être observé.

Puisque le résonateur est un fil où se propage une onde électrique, on peut lui appliquer les résultats qui précèdent et chercher à quelles conditions ses dimensions doivent satisfaire pour que l'étincelle y prenne la plus grande intensité. L'étincelle dépend de la différence des tensions ou densités électriques aux deux extrémités a et b qui forment les deux pôles opposés du micromètre. L'auteur admet que la tension dans la décharge oscillatoire le long d'un fil est oscillatoire avec la même période que la force électromotrice et se réfléchit sans changement de signe. Il en résulte qu'on peut lui appliquer les formules de la réflexion multiple.

La plus petite valeur pour l satisfaisant à la condition de donner un maximum général est $\frac{\lambda}{2} - r$. Lorsque le fil a cette longueur, les deux nœuds relatifs aux extrémités a et b coïncident, et par conséquent un minimum permanent de tension est possible; il a lieu à l'extrémité du diamètre passant par l'étincelle. En a et b les tensions sont moindres que le maximum des ventres à cause de la non-coïncidence du premier ventre avec le bout du fil, mais elles dépendent l'une de l'autre par la condition d'être égales et de signes contraires. Leur différence est donc aussi grande qu'elle peut l'être, et, puisque l'étincelle dépend de cette quantité, elle est elle-même dans les meilleures conditions possibles pour son intensité. La relation d'égalité ainsi établie théoriquement entre le demi-périmètre du cercle et la distance du premier nœud à l'extrémité est précisément celle à laquelle on a été conduit par les recherches expérimentales.

M. le prof. Renevier donne lecture d'un chapitre de sa *Monographie géologique des Hautes-Alpes vaudoises*, en cours d'impression, relatif à l'origine et à l'âge de nos formations salifères et gypseuses. Il confirme l'*origine halogène*, soit par précipitation chimique par voie aqueuse dans des lacs salés ou lagunes, et l'*âge triasique* de ces terrains de nos Alpes.

M. E. Chuard, prof., a repris l'étude de la formation des carbonates de cuivre basiques, et a constaté les faits suivants :

1° Si l'on précipite une solution de sulfate de cuivre par la quantité exactement nécessaire (molécule pour molécule) ou bien par un excès de carbonate de sodium ou de potassium, le précipité bleu, auquel on donne la formule $Cu\,Co_3.\,Cu\,O,\,2\,H_2\,O$, se transforme plus ou moins rapidement, à la température ordinaire, au sein même du liquide, à réaction alcaline, en un précipité vert, pulvérulent ($Cu\,Co_3.\,Cu\,O.\,H_2\,O$),

2° Si au contraire on ne précipite que partiellement la solution de sulfate de cuivre, par le carbonate alcalin, le liquide conserve une réaction acide, soit à cause de la présence du sulfate de cuivre non précipité, soit par suite du dégagement d'acide carbonique qui accompagne la précipitation. Dans ce liquide à réaction rapide, le précipité bleu, floconneux persiste presque indéfiniment, et ne subit plus la transformation en précipité vert, pulvérulent. En outre, dans le premier cas, la transformation du carbonate bleu en carbonate vert paraît se faire avec dégagement d'une nouvelle quantité d'acide carbonique. — Il semble résulter de ces faits que les deux carbonates ne diffèrent pas seulement, comme on l'admet généralement, par une molécule d'eau. Des recherches sur la constitution de l'hydrocarbonate bleu, précipité dans le deuxième cas, sont en cours.

Une première application de ces faits réside dans la préparation du remède contre le mildew connu sous le nom de bouillie bourguignonne, mélange de sulfate de cuivre et de carbonate de sodium en proportion variable. Il est évident

qu'à l'état floconneux, gélatineux, le carbonate basique de cuivre adhérera mieux aux feuilles de vigne, que par conséquent les formules pour la bouillie bourguignonne devront prescrire une proportion de soude ou de potasse insuffisante à la précipitation totale du sulfate de cuivre employé.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 9 mai 1890.

A. Pictet et S. Erlich. Les chrysidines. — A Pictet et W. Béguin. Amidodiméthylquinoline. — C. Græbe et A. Curchod. Acides benzilorthocarboniques.

M. A. Pictet s'est proposé d'étendre à d'autres corps le procédé de synthèse pyrogénée qui lui a fourni la phénanthridine décrite dans la dernière séance[1]; il a, dans ce but, étudié d'abord, en collaboration avec M. S. Erlich, l'action de la chaleur sur les deux benzylidène-naphtylamines isomériques que l'on obtient en chauffant à 100° l'aldéhyde benzoïque avec les naphtylamines. Lorsqu'on fait passer les vapeurs de ces corps à travers un tube chauffé au rouge, il se forme deux nouvelles bases de la formule $C_{17}H_{11}N$, dont la constitution est très probablement la suivante :

$$\begin{array}{lcl} C_6H_4 & - & CH \\ | & & \| \\ C_{10}H_6 & - & N \end{array}$$

Ces bases, qui représentent les phénanthridines de la série du chrysène, et qui pour ce motif ont reçu les noms de α et

[1] *Archives*, XXIII, 92.

de β-*chrysidine,* montrent dans leurs propriétés les plus grandes analogies avec la phénanthridine elle-même. Elles possèdent comme elle une fluorescence bleue en solution alcoolique et forment avec les acides des sels jaunes dont les solutions aqueuses ont une fluorescence verte. La réduction au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique les convertit en bases secondaires.

Le point de fusion de l'α-chrysidine est situé à 108°, celui de la β-chrysidine à 126°.

L'étude de ces bases est poursuivie.

M. A. Pictet parle ensuite d'un essai qu'il a fait avec M. W. Béguin, dans le but d'arriver à la synthèse d'une base pyridique qui serait à l'anthracène ce que les phénanthrolines sont au phénanthrène, et qui renfermerait par conséquent le groupement d'atomes suivant :

N N

Les auteurs ont espéré atteindre ce but en traitant suivant la méthode de Skraup le p-diamido-p-xylol :

CH_3

NH_2— —NH_2

CH_3

Le résultat n'a pas répondu à leur attente, en ce sens que sur les deux groupes NH_2 du corps en question, un seul s'est montré susceptible de réagir avec la glycérine, bien que celle-ci fût en excès. Il ne s'est formé qu'un seul noyau pyri-

dique, et le produit de l'opération s'est trouvé être une *amidodiméthylquinoline* de la formule suivante :

Ce résultat est tout à fait conforme à celui qu'a obtenu récemment M. Markwald en prenant comme point de départ un diamido-p-xylol isomérique, et confirme les conséquences théoriques qu'il en a tirées au sujet de la constitution du benzol.

M. le prof. GRÆBE donne à la Société de nouveaux détails sur l'*acide benzilorthocarbonique,*

$$C_6H_5—CO—CO—C_6H_4—COOH,$$

dont il a repris l'étude avec M. A. CURCHOD. Une première série d'expériences, faites avec M. P. Juillard[1], avait montré que cet acide existe sous deux modifications distinctes, dont l'une est blanche et l'autre jaune. Suivant les nouvelles observations de MM. Græbe et Curchod, ces deux modifications se distinguent par leurs autres propriétés physiques (points de fusion, solubilités, etc.). La méthode cryoscopique de Raoult montre qu'elles ont le même poids moléculaire. Au point de vue de leurs propriétés chimiques, elles ne présentent aucune différence; elles fournissent les mêmes éthers, acétoximes et hydrazones. Il est donc probable que leur isomérie ne doit pas s'expliquer par une différence dans leur formule chimique, mais qu'elle résulte de la position des atomes dans l'espace. Il faut voir ici un nouveau cas de *stéréo-isomé-*

[1] *Archives*, XX, 200.

rie, analogue à ceux qu'a observés M. V. Meyer chez les oximes du benzile. M. Græbe saisit cette occasion pour expliquer, au moyen de modèles, les principes de ce nouveau genre d'isomérie, et pour montrer qu'il est une conséquence de la théorie de MM. Le Bel et van t'Hoff sur le carbone asymétrique. A. P.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 17 avril 1890.

R. Chodat. Recherches nouvelles sur la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses. — L. de la Rive. Travail de M. Trouton. Sur l'accélération des ondes électro-magnétiques secondaires. — Alph. de Candolle. Déserts de l'Australie.

M. Chodat parle des recherches nouvelles sur la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses (Hellriegel et Willfarth; J.-B. Lancs et J.-H. Gilbert, *Proceedings of the royal soc.)*. Il est d'avis que la question est définitivement tranchée dans ce sens que les légumineuses peuvent absorber et employer l'azote atmosphérique par le moyen des organismes inférieurs qui produisent leurs bulbilles radicellaires.

Il cite aussi les procédés employés pour déterminer la présence des cils chez les Bactériacées.

M. de la Rive rend compte d'un travail de M. Trouton sur l'accélération des ondes électro-magnétiques secondaires [1].

M. A. de Candolle parle des déserts situés à l'intérieur de l'Australie et des tentatives faites pour les irriguer.

[1] Voir ci-dessus page 402.

Séance du 1er mai.

Ed. Sarasin et L. de la Rive. Nouvelles recherches sur les ondulations électriques hertziennes. — R. Chodat. Transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes dans Calanthe Sieboldtii. — E. Gautier. Diagrammes de l'anémomètre enregistreur de l'Observatoire de Genève. — M. Schiff. Analyse de divers travaux.

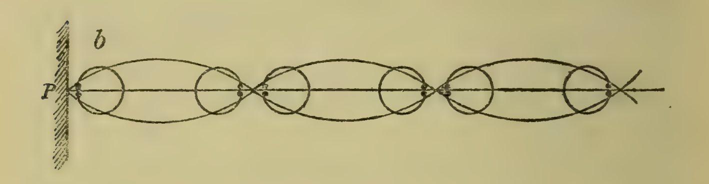
M. Ed. Sarasin rend compte de la suite des recherches que M. Luc. de la Rive et lui poursuivent *sur les ondulations électriques hertziennes.* En ce qui concerne d'abord les ondulations se propageant le long de fils conducteurs, cas sur lequel ont plus particulièrement porté leurs études précédentes, ils ont reconnu que ces ondulations sont perceptibles dans le circuit qui relie la bobine d'induction au conducteur primaire et qu'on en peut constater les interférences le long d'un fil communiquant avec ce circuit à l'une de ses extrémités et isolé à l'autre, chaque cercle ou résonateur donnant dans ce cas le même internœud que le long des fils tendus en avant du primaire dans leurs expériences antérieures.

En dernier lieu les auteurs ont plus particulièrement étudié l'expérience par laquelle M. Hertz démontre la réflexion normale de l'onde électrique contre une grande paroi métallique et les interférences qui se produisent en avant de ce miroir, dans l'air, en l'absence de tout fil conducteur.

Comme paroi métallique réfléchissante ils ont employé un grand rideau plan, formé d'une feuille très mince de plomb de $2^m,95$ de largeur, $2^m,80$ de hauteur. Les conducteurs primaires et les résonateurs étaient les mêmes que ceux précédemment décrits. Le conducteur primaire était placé horizontalement à environ $5^m,7^m$ et 9^m suivant les cas en avant du miroir, parallèlement à celui-ci, son étincelle sur la normale passant par le centre de ce miroir.

L'espace situé en avant du miroir était exploré à l'aide d'un conducteur secondaire circulaire placé lui-même sur un chariot à coulisse glissant le long de la normale au miroir sur un banc muni d'une graduation en centimètres, qui a

déjà été décrit à propos des recherches antérieures des auteurs. Ce cercle était en général placé horizontalement et à la même hauteur que le primaire. Comme l'indique M. Hertz[1], l'étincelle que l'on observe dans l'interruption du cercle ainsi disposé est plus forte lorsque la partie continue de ce cercle sur laquelle l'action inductrice est prépondérante, est située dans un ventre et son interruption dans un nœud que dans le cas inverse. La figure ci-jointe indique les positions de maxima de l'étincelle :



En *b*, dans le voisinage immédiat du miroir P, où se trouve un nœud, l'étincelle est plus forte lorsque l'interruption est tournée vers le miroir, que lorsqu'elle se trouve du côté opposé. S'éloignant du miroir on trouve une position où l'étincelle est la même dans les deux cas, le centre du cercle est alors sur un ventre, au delà de ce point le maximum de l'étincelle a changé de côté; un changement analogue se produit en sens inverse, quand on a passé un premier nœud et ainsi de suite. Cette expérience de M. Hertz se reproduit avec une grande netteté et les auteurs l'ont absolument confirmée.

En la répétant avec des primaires de grandeurs différentes et des cercles de 1^{m}, $0^{m},75$, $0^{m},50$, $0^{m},36$, $0^{m},25$ et $0^{m},20$, les auteurs ont reconnu que chaque cercle donne à très peu près le même internœud que le long des fils, ce qui montrerait que *la vitesse de propagation à travers l'air est sensiblement la même que le long des fils.*

Ici encore *résonance multiple*, c'est-à-dire constatation de longueurs d'onde assez différentes et simultanées dans le mouvement ondulatoire émanant d'un seul et même primaire. Mais ce phénomène semble se produire dans ce cas

[1] *Archives des sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXI, p. 298.

entre des limites beaucoup plus restreintes que dans le cas de la propagation le long des fils. Pour le bon fonctionnement du résonateur, la production d'étincelles fortes et la constatation nette des ventres et des nœuds, il est ici plus nécessaire que dans le cas des fils que le primaire et le secondaire soient entre eux dans un rapport donné de dimensions et peu éloignés d'être à l'unisson.

Les indications numériques suivantes viennent à l'appui de ce qui précède : Pour le cercle de $0^m,26$ dont l'internœud le long des fils est de $1^m,12$, on a trouvé dans l'air un internœud variant entre $1^m,12$ et $1^m,25$; pour le cercle de $0^m,36$ dont l'internœud le long des fils est $1^m,47$, on a trouvé dans l'air un internœud variant entre $1^m,40$ et $1^m,80$; pour le cercle de $0^m,75$ dont l'internœud le long des fils est $2^m,96$, on a trouvé un demi-internœud variant entre $1^m,50$ et $1^m,65$.

Comme on le voit, il n'y a pas d'allongement marqué en passant de la longueur d'onde le long des fils à la longueur d'onde dans l'air ou du moins cet allongement, s'il existe, serait de l'ordre des erreurs d'observation.

Dans une première communication M. Chodat avait signalé la *transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes dans le pseudobulbe de Calanthe Sieboldtii* (orchidée). Il a continué ces recherches et ne peut aujourd'hui que confirmer ses premières observations.

En faisant des coupes tangentielles, minces, à travers le pseudobulbe de cette plante, en partant de la périphérie et en s'approchant toujours plus du centre, on peut suivre pas à pas cette transformation et même dans certaines coupes faites 3-5 mm. au-dessous de l'épiderme trouver tous les stades de la transformation.

Il y a plusieurs modes dans ce phénomène :

1° Le grain de chlorophylle primitivement arrondi et homogène devient granuleux. On remarque que la chlorophylle s'est amassée en certains points qui apparaissent sans ordre régulier. On peut voir alors sur une portion du pourtour du grain, le plasma devenir hyalin, incolore. Le grain de chlorophylle est encore arrondi mais porte sur une partie de son

pourtour un croissant parfaitement transparent. Pendant ce phénomène, le grain de chlorophylle s'est gonflé (v. fig. 1, pl. XII). Dans d'autres grains, cette portion hyaline augmente beaucoup; elle envahit le grain en provoquant dans la partie chlorophyllée une fissure. Cette séparation dans la granulation en deux couches peut s'effectuer d'une façon différente encore : La portion hyaline proémine assez fortement tandis qu'il se fait de l'autre côté une invagination correspondante. Plus tard, la masse chlorophyllée peut se séparer en deux disques entourés par le plasma hyalin (v. fig. 3, pl. XII), ou même devenir exclusivement pariétale avec quelques granulations au milieu du plasma fondamental.

Enfin, la granulation peut s'étrangler en forme de biscuit avec localisation de la coloration aux deux pôles. L'étranglement est toujours précédé d'une différenciation dans la granulation arrondie. En effet, comme dans les cas précédents, il se forme une zone hyaline médiane qui traverse le grain tout entier (v. fig. 5. pl. XII).

Quelquefois aussi le grain de chlorophylle, en se gonflant fortement, se vacuolise ou même devient lui-même une grande vacuole qui ne rappellerait plus son origine n'étaient-ce les quelques traces de chlorophylle qui sont encore répandues dans son pourtour (v. fig. 20-21, pl. XII). On peut facilement d'ailleurs provoquer, sous le microscope la formation de semblables vacuoles, soit en laissant agir de l'eau sur les coupes examinées, soit en employant la solution de chloral. Les granulations chlorophylliennes différenciées en plasma incolore et en granulations deviennent, sous l'influence de l'un et de l'autre de ces réactifs, des vacuoles entourées d'une membrane protoplasmique. L'action du second de ces réactifs est très intéressante.

En effet, sous son influence, on voit la matière chlorophyllée sortir du grain avec l'huile qui y était contenue et former ainsi des gouttelettes d'un beau vert que l'alcanna démontre être formé par une substance huileuse. Il semble que, dans tous ces grains, la chlorophylle soit liée à une huile.

On voit en effet dans ces grains, en employant l'immersion, la coloration verte répartie sous forme de gouttelettes.

Ordinairement ces grains ne forment pas d'amidon. L'auteur en a cependant observé, mais rarement, sur des grains différenciés de la forme indiquée par la figure 1, pl. XII.

Par contre, ils sont gorgés de sucre réducteur ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le réactif de Fehling. Leur propriété si accentuée de se gonfler par l'eau, semble militer en faveur de cette manière de voir. En effet, ils agissent, vis-à-vis de l'eau, comme une cellule gorgée de substances avides d'eau. Ils ont un pouvoir endosmotique puissant. Ceci est démontré par la solution de chloral qui ne les contracte nullement mais les fait gonfler.

Lorsque cette différenciation entre la portion hyaline et la partie chlorophyllée a eu lieu, les granulations se développent dans trois sens différents :

1° Ils augmentent de volume, se vacuolisent et finissent par se dissoudre dans le protoplasma cellulaire ambiant;

2° Ils se divisent en deux;

3° La portion médiane hyaline s'allonge plus ou moins. Les corpuscules issus de cet étirement ont alors l'apparence variable indiquée par les fig. 5, 6, 7, 8, 9. La portion moyenne peut devenir filiforme, très allongée, tandis que les deux extrémités restent vertes. La chlorophylle y est répartie sous forme de gouttelettes en séries.

C'est à ce moment qu'on voit apparaître l'amidon. Il se forme de préférence sur la partie médiane incolore. On en trouve cependant aussi, mais plus rarement, sur la zone verte. A un stade plus avancé le leucite allongé aplatit ses boules terminales. Celles-ci deviennent finalement aiguës et fusiformes. Le leucite prend alors les apparences indiquées par les fig. 11-19. Ce leucite linéaire acuminé aux deux bouts, peut procéder du grain chlorophyllé sans passer par le stade à deux boules. Alors le grain chlorophyllé s'allonge comme on le voit indiqué dans le dessin, fig. 15. C'est sur ce leucite allongé qui n'est plus que faiblement chlorophyllé que l'amidon se forme. Cette formation n'a lieu que sur un seul côté du leucite. Chose remarquable, le pigment chlorophyllien est alors localisé dans deux zones situées immédiatement au-dessous des deux prolongements aigus terminaux qui sont

eux-mêmes incolores (v. fig. 12). Dans les leucites à bouts obtus la coloration occupe les deux extrémités (v. fig. 8-10).

L'amidon s'y forme presque exclusivement sur la portion dépourvue de chlorophylle. Il n'est pas impossible, cependant, qu'il ne se forme aussi sur la zone chlorophyllée. On trouve, en effet, des grains se développant dans cette région, mais beaucoup plus rarement que dans la portion hyaline. Ils s'y développent comme l'a indiqué M. Schimper pour Phajus (v. *Bot. Zeit.*, 1880-81). Ces leucites, primitivement droits, deviennent bientôt arqués, leurs extrémités hyalines se redressent, ce qui leur donne l'apparence d'une pyrogue allongée. Il n'y a ordinairement qu'un grain sur chaque leucite, mais aussi quelquefois 2 ou même 3. Lorsque le grain d'amidon est unique il est inséré sur la zone médiane hyaline; lorsqu'il y en a plusieurs, ils sont dispersés sans ordre et même quelquefois accolés. Il arrive souvent que plusieurs de ces leucites allongés sont accumulés sur un même point dans la cellule. Dans ces conditions, les extrémités hyalines et aiguës arrivent à rencontrer les grains d'amidon des leucites voisins, qu'ils corrodent fortement. Ils nourrissent donc leur grain propre aux dépens d'un grain voisin (v. fig. 18).

Enfin, ces leucites particuliers se replient quelquefois lorsque le grain d'amidon est devenu plus gros, sur lui, en l'embrassant complètement. On voit alors encore le pigment chlorophyllien limité dans certaines régions du leucite et très affaibli. Enfin, beaucoup de ces leucites, à un âge plus avancé, se dépouillent complètement du pigment et continuent à former de l'amidon.

M. Émile Gautier montre des *tracés de l'anémomètre enregistreur* installé à l'Observatoire de Genève au commencement de cette année et dont M. Raoul Gautier avait fait alors une description détaillée à la Société[1].

M. le prof. Schiff rend compte des recherches de M. Bauditsh, professeur à Harward College, États-Unis, sur la ques-

[1] Voir ci-dessus p. 103.

tion de savoir s'il existe un *type de physionomie commun aux personnes exerçant une même vocation.*

Séance du 5 juin.

Président. Mort de J.-L. Soret. — V. Fatio. Présentation du 5me volume de sa faune suisse. — Duparc et Le Royer. Notices cristallographiques. — R. Gautier. Analyse de divers travaux.

M. *le Président* exprime au nom de la Société les douloureux regrets causés par la mort de M. Louis Soret. Il rappelle la place importante que M. L. Soret tenait à Genève dans les sciences physiques et dans l'enseignement et cite les principaux travaux de sa carrière scientifique qu'on peut dire inachevée, puisque les facultés du savant étaient dans leur pleine vigueur. La perte pour la Société d'un de ses membres les plus actifs et les plus assidus est vivement ressentie et elle s'associe au deuil de sa famille.

M. V. Fatio présente à la Société le volume V de sa *Faune suisse* et donne un exposé sommaire du contenu de cette deuxième et dernière partie de l'étude très complète qu'il a faite des *Poissons* du pays.

Dans une introduction générale aux deux volumes ichthyologiques de cet important ouvrage, l'auteur relève bon nombre d'observations nouvelles relatives à la distribution géographique des espèces dans les différents bassins et à divers niveaux, à la variabilité dans différentes conditions d'existence, aux caractères d'âge et de sexe, à la stérilité et à l'hybridité naturelle. Il traite également de la bibliographie et de la caractéristique en général des poissons de la Suisse, et fournit, sur les époques de frai de ceux-ci en divers milieux, quantité de données précieuses eu égard à la protection rationnelle des différentes espèces.

En outre, des 51 espèces qu'il reconnaît dans le pays, M. Fatio décrit aussi soit plusieurs poissons étrangers géo-

graphiquement voisins et diverses espèces récemment importées, soit bon nombre de sous-espèces, de variétés et de bâtards. Signalons, entre autres données intéressantes : la création actuelle d'une espèce d'Alose d'eau douce, en voie de formation par isolement dans le lac de Lugano; une étude très circonstanciée des diverses formes de Corégones qui habitent seize lacs en Suisse, leur classification en espèces typiques, espèces géographiques actuelles et sous-espèces locales, et le rapprochement, à titre de variétés, de toutes les prétendues espèces de Truites indigènes dans un même cadre spécifique.

Des diagnoses en tête de chaque monographie d'espèce, des tableaux synoptiques et de nombreuses figures de détails originales facilitent les recherches et les déterminations. Enfin des tableaux schématiques des distributions géographiques horizontale et verticale de chaque espèce permettent d'établir très approximativement, par comparaison, la faune particulière à telle ou telle localité, étant donné le bassin ou sous-bassin de celle-ci et son élévation.

M. Le Royer communique des recherches faites en collaboration avec M. le prof. Duparc sur les *formes cristallines de quelques composés organiques* [1].

M. Raoul Gautier résume une note de M. le prof. N.-C. Dunér d'Upsal *sur la rotation du soleil*, note qui a paru dans les *Astron. Nachrichten*, vol. 124, p. 267 [2].

M. R. Gautier rend aussi compte brièvement d'une intéressante étude de M. le prof. G.-V. Schiaparelli sur le mouvement de rotation de la planète Vénus, étude publiée dans les *Comptes rendus de l'Institut royal lombard*, vol. XXIII, 2me sér. [3].

[1] Voir ci-dessus p. 496.
[2] Voir ci-dessus p. 541.
[3] Voir ci-dessus p. 542.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1890

Le 2, très forte rosée le matin; halo lunaire à 10 h. du soir.

4, éclairs et tonnerres à l'O. à 6 h. 22 m. du soir; l'orage suit la chaîne du Jura. Un nouvel orage éclate peu après au SW. se dirigeant vers le SE.; très forte averse; quelques grains de grésil à 7 h. du soir. Un troisième orage se déclare au SW. et se scinde; une partie se dirige vers le SSE., l'autre passe au zénith à 7 h. 30 m. du soir et continue sa course vers le N.

6, très forte rosée le matin.

12, depuis 7 h. 30 m. du soir, éclairs de l'O. au N.; quelques tonnerres à l'O. entre 9 h. et 10 h. du soir.

13, tonnerres à 4 h. du matin.

16, très forte rosée le matin.

17, tonnerres au SE. à 6 h. 54 m. du soir; éclairs dans la même direction jusqu'à 6 h. 45 m.; orage au N. à 7 h. du soir. Éclairs et tonnerres au S. et à l'O. jusqu'à 9 h. 30 m. du soir; fortes averses.

18, tonnerres au S. à 3 h. 12 m. du soir; l'orage se dirige vers le SE.; grésil à 4 h. 8 m. du soir; le Salève est blanc comme après une chute de neige. Pluie torrentielle; malgré la nouvelle canalisation, plusieurs magasins des rues Basses sont inondés.

19, éclairs au N. depuis 8 h. du soir.

20, tonnerres au SW. à 3 h. 55 m. et au N. à 4 h, 1 m. du soir; orage au S. à 4 h. 51 m. accompagné de quelques grains de grésil. Tonnerres lointains au SW. à 5 h. du soir.

23, éclairs au NNE. à 10 h. du soir.

24, éclairs au SE. puis à l'ESE. depuis 9 h. et demie du soir.

25, tonnerres au S. de 12 h. 37 m. à 1 h. du soir.

29, forte bise jusqu'à 7 h. du matin.

30, très forte rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.

	mm
Le 3 à 8 h. matin	725,17
6 à 8 h. matin	721,48
9 à 11 h. soir	719,34
15 à 9 h. matin	731,19
21 à 8 h. soir	729,55
30 à 8 h. matin	731,23

MINIMUM.

	mm
Le 1er à 5 h. soir	719,83
4 à 5 h. soir	716,87
8 à 4 h. matin	712,98
12 à 3 h. soir	706,77
18 à 4 h. soir	719,95
28 à 5 h. matin	717,79

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.				+ °	°	cm
1	720,84	— 4,11	719,83	721,82	+11,04	— 0,02	+ 7,1	+15,5	645	— 49	450	860	0,1	1	SSW. 1	0,75	9,2	—0,9	119,2
2	722,28	— 2,70	721,14	723,85	+11,36	+ 0,15	+ 4,4	+18,1	682	— 13	430	930	...	...	SW. 1	0,82	9,8	—0,4	119,5
3	724,11	— 0,91	723,42	725,17	+12,45	+ 1,10	+ 7,8	+18,8	695	0	360	900	0,3	1	variable	0,70	10,0	—0,3	118,0
4	720,06	— 5,00	716,87	723,41	+11,41	— 0,08	+ 5,0	+16,8	685	— 10	470	900	13,5	3	N. 1	0,47	...	.....	117,0
5	719,71	— 5,39	719,25	720,67	+12,06	+ 0,42	+ 7,6	+18,0	644	— 51	340	800	...	...	variable	0,37	9,8	—0,7	112,0
6	720,29	— 4,85	718,66	721,48	+11,92	+ 0,14	+ 4,4	+18,0	606	— 90	340	830	...	...	N. 1	0,07	9,8	—0,9	114,7
7	716,62	— 8,56	713,66	719,36	+13,30	+ 1,37	+ 6,9	+20,0	600	— 96	360	800	4,8	4	N. 0	0,98	11,5	+0,7	115,3
8	714,38	—10,84	712,98	715,94	+10,61	— 1,46	+ 7,9	+13,2	813	+117	670	930	17,8	14	SSW. 1	1,00	11,6	+0,7	117,5
9	716,59	— 8,67	715,62	719,34	+13,76	+ 1,55	+ 8,0	+20,1	663	— 34	500	780	0,4	1	SSW. 1	0,95	10,0	—1,0	118,9
10	716,87	— 8,44	714,38	719,19	+13,06	+ 0,70	+ 9,0	+17,0	771	+ 74	670	880	...	...	N. 1	0,93	10,3	—0,8	119,5
11	716,47	— 8,88	713,82	718,32	+13,54	+ 1,04	+ 9,8	+16,5	706	+ 9	540	870	...	...	N. 1	0,93	...	.....	118,0
12	709,14	—16,25	706,77	713,49	+16,42	+ 3,78	+ 9,7	+23,2	675	— 23	430	860	2,2	2	SSW. 1	0,87	11,0	—0,4	118,7
13	716,91	— 8,53	710,41	722,44	+11,22	— 1,56	+ 9,0	+14,6	824	+126	730	870	7,5	17	SSW. 1	1,00	10,0	—1,5	118,5
14	726,55	+ 1,07	722,71	730,28	+12,39	— 0,53	+ 6,9	+17,7	654	— 45	450	890	0,7	1	SE. 1	0,68	10,2	—1,4	123,5
15	730,21	+ 4,68	729,25	731,19	+13,19	+ 0,12	+ 5,5	+18,4	607	— 92	430	770	...	...	N. 1	0,17	...	.....	122,0
16	726,99	+ 1,42	724,18	729,54	+13,81	+ 0,60	+ 6,9	+17,9	705	+ 5	570	900	...	...	N. 1	0,05	11,3	—0,5	124,5
17	723,19	— 2,43	721,41	724,84	+16,85	+ 3,50	+11,6	+22,9	660	— 40	420	860	19,0	4	variable	0,87	11,5	—0,4	124,5
18	721,83	— 3,83	719,95	723,07	+15,44	+ 1,95	+10,9	+22,8	790	+ 90	410	970	31,8	4	SE. 1	0,83	...	.....	123,0
19	721,70	— 4,01	720,57	722,63	+15,90	+ 2,28	+ 8,3	+22,3	749	+ 48	540	960	...	...	variable	0,78	11,7	—0,5	126,5
20	724,87	— 0,88	722,72	727,07	+14,80	+ 1,04	+12,0	+19,0	794	+ 93	590	950	8,0	7	SSW. 1	0,98	12,0	—0,3	127,4
21	728,85	+ 3,05	727,17	729,55	+11,89	— 2,01	+ 9,9	+15,0	881	+179	760	960	8,4	8	N. 1	0,85	11,5	—0,9	128,1
22	728,18	+ 2,34	727,05	728,97	+15,65	+ 1,62	+10,7	+19,8	740	+ 38	570	890	...	...	N. 1	0,42	11,4	—1,1	129,0
23	726,85	+ 0,96	725,39	728,02	+16,59	+ 2,42	+11,0	+22,2	753	+ 51	620	860	...	...	N. 1	0,60	13,0	+0,4	131,0
24	725,36	— 0,57	724,19	726,43	+17,76	+ 3,46	+11,6	+24,1	724	+ 21	510	940	...	...	N. 1	0,53	13,4	+0,6	133,3
25	723,32	— 2,66	721,53	724,74	+18,11	+ 3,67	+11,9	+24,5	720	+ 17	500	900	...	...	variable	0,62	...	.....	133,0
26	720,83	— 5,19	719,77	721,93	+16,64	+ 2,07	+12,4	+22,5	732	+ 29	550	890	0,9	2	SSW. 1	1,00	15,3	+2,3	134,5
27	721,34	— 4,73	719,64	722,66	+15,59	+ 0,89	+11,5	+21,5	716	+ 12	500	980	11,2	8	variable	1,00	15,6	+2,5	136,6
28	720,07	— 6,04	717,79	723,44	+11,93	— 2,90	+10,8	+14,8	906	+202	810	980	15,9	11	SSW. 1	1,00	12,9	—0,3	139,5
29	727,65	+ 1,49	723,85	730,66	+11,76	— 3,20	+ 9,3	+15,2	729	+ 25	590	900	...	...	N. 1	1,00	12,5	—0,9	142,2
30	730,30	+ 4,10	729,16	731,23	+14,56	— 0,53	+ 5,8	+21,1	614	— 90	320	960	...	...	SW. 1	0,27	13,3	—0,2	143,0
31	727,68	+ 1,43	725,58	730,17	+15,66	+ 0,45	+10,5	+20,2	596	—108	410	800	...	...	N. 1	0,82	13,5	—0,1	143,4
Mois	722,26	— 2,98			+13,89	+ 0,69			712	+141			142,5	88		0,72	11,70	—0,02	125,54

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	719,84	719,62	719,82	719,56	718,80	718,16	718,36	719,23
2e »	721,47	721,34	722,11	722,09	721,74	721,19	721,79	722,56
3e »	725,41	725,37	726,07	726,02	725,33	724,93	725,20	725,63
Mois	722,34	722,22	722,77	722,67	722,07	721,54	721,89	722,58
Température.								
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 9,49	+ 7,71	+ 9,89	+13,15	+15,91	+15,88	+13,77	+10,97
2e »	+11,85	+10,30	+12,98	+15,71	+17,56	+17,96	+15,39	+13,09
3e »	+12,55	+11,27	+13,99	+16,46	+18,66	+17,85	+15,99	+14,07
Mois	+11,34	+ 9,81	+12,34	+15,15	+17,41	+17,25	+15,08	+12,75
Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	793	849	790	652	484	504	605	766
2e »	862	867	795	626	540	543	679	819
3e »	858	898	779	646	585	619	705	808
Mois	838	872	788	642	538	557	665	798

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		mm	cm
1re décade	+ 6,81	+ 17,55	+ 10,22	0,70	36,9	117,16
2e »	+ 9,06	+ 19,53	+ 9,71	0,72	69,2	122,66
3e »	+ 10,49	+ 20,08	+ 13,24	0,74	36,4	135,78
Mois	+ 8,84	+ 19,09	+ 11,70	0,72	142,5	125,54

Dans ce mois l'air a été calme 27,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,36 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 43°,9, W. et son intensité est égale à 12,8 sur 100

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1890.

Le 1er, neige par un fort vent jusqu'à 1 h. du soir ; brouillard à 4 h. du soir.
3, légère neige à 7 h. du matin.
5, neige jusqu'à 7 h. du matin.
7, neige jusqu'à 7 du matin, puis brouillard jusqu'à 7 h. du soir.
8, légère neige à 7 h. et à 10 h. du matin.
9, fort vent à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
10, fort vent pendant tout le jour ; brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir ; légère neige à 10 h. du matin.
11, fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; brouillard à 7 h. du matin et à 4 h. du soir ; neige depuis 7 h. du soir.
12, neige pendant tout le jour ; fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir ; forte bise à 10 h. du matin.
13, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; neige de 10 h. du matin à 4 h. du soir ; forte bise à 4 h. du soir.
14, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
16, fort vent depuis 10 h. du soir.
19, fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir ; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; pluie et neige de 1 h. à 4 h. du soir.
20, brouillard pendant tout le jour ; fort vent à 1 h. du soir.
21, neige jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard.
23, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
25, brouillard à 4 h. du soir.
26, légère neige à 7 h. du soir.
27, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir ; forte bise depuis 10 h. du soir.
28, fort vent jusqu'à 7 h. du matin ; neige jusqu'à 4 h. du soir ; elle fondait à mesure.
29, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir ; légère neige à 1 h. du soir.
30, brouillard depuis 10 h. du soir.
31, brouillard depuis 4 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM

	mm
Le 3 à 7 h. soir	562,86
6 à 8 h. soir	560,97
11 à 11 h. matin	560,95
15 à 7 h. soir	568,95
22 à 9 h. soir	568,80
30 à 2 h. soir	568,60

MINIMUM.

	mm
Le 1er à 1 h. soir	559,07
5 à 4 h. matin	556,90
8 à 6 h. matin	552,37
12 à 4 h. soir	552,83
18 à 7 h. matin	562,86
28 à 6 h. matin	558,70

SAINT-BERNARD. — MAI 1890.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	559,65	— 3,07	559,07	562,10	— 4,43	— 3,00	— 8,5	— 1,0	50	6,5	....	SW. 2	0,82
2	560,36	— 2,46	559,10	561,90	— 3,60	— 2,32	— 8,0	+ 1,5	.....	.....	....	SW. 1	0,33
3	562,04	— 0,88	561,07	562,86	— 1,46	— 0,32	— 5,3	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 1	0,38
4	559,94	— 3,08	558,30	561,80	— 0,81	+ 0,19	— 5,0	+ 4,7	.....	.....	....	SW. 1	0,20
5	558,38	— 4,73	556,90	559,95	— 0,78	+ 0,08	— 5,5	+ 3,8	300	17,5	....	NE. 1	0,35
6	560,37	— 2,83	559,60	560,97	— 1,31	— 0,59	— 5,0	+ 2,8	.....	.....	....	SW. 1	0,25
7	557,77	— 5,53	554,92	560,20	— 1,70	— 1,12	— 3,0	+ 0,4	340	47,0	....	SW. 1	0,97
8	554,00	— 9,40	552,37	555,93	+ 0,27	+ 0,71	— 4,2	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 1	0,60
9	557,78	— 5,72	555,95	559,33	+ 0,07	+ 0,37	— 4,0	+ 4,6	.....	.....	....	SW. 2	0,77
10	559,63	— 3,97	558,83	560,36	— 0,81	— 0,65	— 0,6	+ 1,0	.....	.....	....	SW. 2	1,00
11	560,14	— 3,55	559,60	560,95	— 1,08	— 1,06	— 0,6	+ 1,3	40	5,5	....	SW. 2	1,00
12	554,38	— 9,41	552,83	558,95	— 1,26	— 1,38	— 2,1	+ 0,5	100	26,5	....	SW. 1	1,00
13	556,67	— 7,22	554,36	559,80	— 2,18	— 2,44	— 4,4	+ 1,2	.....	21,5	....	variable	1,00
14	563,13	— 0,86	559,90	567,15	— 2,23	— 2,63	— 4,6	+ 1,3	.....	8,0	....	NE. 1	0,90
15	568,09	+ 4,00	567,12	568,95	+ 2,99	+ 2,46	— 4,0	+ 8,8	.....	.....	....	NE. 1	0,15
16	567,87	+ 3,69	566,70	568,62	+ 3,14	+ 2,48	+ 0,1	+ 7,0	.....	.....	....	SW. 1	0,18
17	564,91	+ 0,63	563,65	566,65	+ 2,92	+ 2,12	— 0,3	+ 7,0	.....	.....	....	SW. 1	0,50
18	563,17	— 1,21	562,86	563,80	+ 2,12	+ 1,19	— 0,4	+ 6,1	.....	.....	....	SW. 1	0,60
19	563,86	— 0,62	563,25	564,85	0,00	— 1,06	— 0,2	+ 1,9	.....	9,0	....	SW. 2	1,00
20	565,09	+ 0,52	564,68	565,40	+ 0,42	— 0,77	— 2,0	+ 2,1	.....	.....	....	SW. 1	1,00
21	566,08	+ 1,42	565,00	567,10	+ 0,70	— 0,62	— 1,4	+ 3,5	150	12,0	....	NE. 1	0,97
22	567,68	+ 2,92	566,28	568,80	+ 4,99	+ 3,54	0,0	+10,0	.....	.....	....	SW. 1	0,20
23	568,29	+ 3,43	568,05	568,73	+ 4,14	+ 2,56	+ 1,9	+ 8,0	.....	.....	....	SW. 1	0,38
24	567,27	+ 2,32	566,64	567,97	+ 4,54	+ 2,83	+ 2,0	+ 9,8	.....	.....	....	SW. 1	0,35
25	565,12	+ 0,08	563,78	566,54	+ 5,15	+ 3,32	+ 2,0	+12,4	.....	.....	....	NE. 1	0,50
26	562,14	— 2,99	561,40	563,68	+ 4,22	+ 2,27	+ 0,6	+ 8,8	.....	.....	....	NE. 1	0,60
27	561,42	— 3,81	560,64	562,15	+ 2,79	+ 0,72	— 0,2	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0,72
28	559,72	— 5,60	558,70	561,90	— 0,93	— 3,12	— 2,9	+ 2,0	.....	41,5	....	variable	0,83
29	564,49	— 0,92	562,00	566,90	— 0,08	— 2,39	— 4,2	+ 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,83
30	567,74	+ 2,24	566,82	568,60	+ 1,49	— 0,94	— 4,0	+ 5,6	.....	.....	....	NE. 1	0,37
31	566,12	+ 0,53	564,52	567,97	+ 2,12	— 0,43	— 1,6	+ 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,67
Mois.	562,36	— 1,48			+ 0,63	+ 0,12							0,62

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1890.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	559,16	558,40	558,50	558,92	559,10	559,12	559,40	559,34
2e » ...	562,56	562,24	562,47	562,61	562,82	562,76	563,07	563,32
3e » ...	565,23	564,73	564,87	565,17	565,19	565,05	565,20	565,34
Mois	562,41	561,88	562,04	562,33	562,46	562,39	562,64	562,75

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade...	— 3°,89	+ 0°,18	+ 1°,76	+ 0°,96	— 1°,59	— 2°,38
2e » ...	— 0,90	+ 1,45	+ 3,11	+ 2,24	+ 0,78	0,00
3e » ...	+ 0,45	+ 4,80	+ 6,04	+ 5,03	+ 2,16	+ 1,19
Mois	— 1,39	+ 2,23	+ 3,71	+ 2,82	+ 0,51	— 0,35

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
				mm	mm
1re décade...	— 4°,91	+ 2°,91	0,57	71,0	690
2e » ...	— 1,85	+ 3,72	0,73	70,5	140
3e » ...	— 0,71	+ 7,07	0,64	53,5	150
Mois	— 2,43	+ 4,65	0,62	195,0	980

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,70 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 20,4 sur 100

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES.

CONTENUES DANS LE TOME VINGT-TROISIÈME

(3me PÉRIODE)

1890. — Nos 1 à 6.

Pages

Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violets par diverses substances, par MM. *J.-L. Soret* et *Albert Rilliet*. (6me mémoire) 5
Sur l'état d'équilibre que prend, au point de vue de sa concentration, une dissolution gazeuse primitivement homogène dont deux parties sont portées à des températures différentes, par M. *P. van Berchem* 70
Observation sur l'atavisme des plantes, par M. le *baron d'Ettinghausen* et M. le prof. *Krasan*, de Graz. 76
Sur la résonance multiple des ondulations électriques de M. Hertz se propageant le long de fils

Pages

conducteurs, par MM. *Ed. Sarasin* et *L. de la Rive* 113
Note sur la régularisation du lac Léman en 1889, par M. *Th. Turrettini*, basée sur les observations limnimétriques faites à Sécheron, par M. *Ph. Plantamour* (Planche XI) 161
Composition de quelques schistes ardoisiers du Valais et de Savoie, par MM. *L. Duparc* et *Radian* 166
A propos de la constante *b* de l'équation de M. van der Waals, par M. *Philippe-A. Guye* 197
Le coefficient critique et la constitution moléculaire des corps au point critique, par M. *Philippe-A. Guye* 204
Revue géologique suisse pour l'année 1889, par MM. *Ernest Favre* et *Hans Schardt* 235
Idem (suite)........................ 285
Idem (suite et fin).................... 430
Recherches sur les ferments digestifs, par M[lle] *Catherine Schipiloff* 256
Note sur la composition des calcaires portlandiens des environs de Saint-Imier, par M. *L. Duparc*. 323
Manuel d'astronomie, par M. le prof. *R. Wolf*... 335
Le grain du glacier, par M. *Ed. Hagenbach* (avec planche XI) 373
Sur la théorie des interférences de l'onde électrique propagée dans un fil conducteur et du résonateur, par M. *L. de la Rive*.................. 391
Sur l'accélération des ondes électromagnétiques secondaires, par M. *Fred.-T. Trouton*......... 402
Sur la théorie des dissolutions, par M. *Ch.-Ed. Guillaume* 410

Pages

Nouvel appareil pour montrer les variations de la tension superficielle des liquides, par M. *F. Leconte*. 419

Deux nouveaux éthers nitriques butyliques, par M. le prof. *Jacques Bertoni* 423

J.-L. Soret. Article nécrologique. 467

Sur l'analyse des ardoises, par MM. *Frédéric Reverdin* et *Ch. de La Harpe* 477

L'expérience fondamentale sur la capacité inductive spécifique, par M. le Dr *R. Weber* 489

Notices cristallographiques, par MM. *L. Duparc* et *A. Le Royer* 496

L'origine de l'asphalte, du bitume et du pétrole, par M. le Dr *A. Jaccard* 501

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

Pages

G.-V. Schiaparelli. Sur la rotation de Mercure 265

N.-C. Dunér. Sur la rotation du soleil.............. 541

G.-V. Schiaparelli. Considérations sur le mouvement rotatoire de la planète Vénus.................. 542

PHYSIQUE.

G. Stadler. Détermination de la conductibilité calorique absolue de quelques roches............... 342

P. Bachmetjew. Sur la cause des sons produits par l'aimantation intermittente des métaux magnétiques................................ 342

CHIMIE.

C. Culmann et *K. Gasiorowsky*. Action des sels d'étain sur les sels des combinaisons diazoïques des carbures d'hydrogène........................ 82

G. Lunge. Améliorations dans la fabrication de l'acide sulfurique.......................... 83

R. Nietzki et *Ludwig Schmidt*. Sur le tétraamidobenzol...................................... 178

Pages.

Henri Brunner. Analyse chimique qualitative....... 179
Ira Moore. Produits de condensation des carbodiamides aromatiques avec les orthodiamines... 267
M. Nathansohn et *P. Muller.* Dérivés et réactions de la tétraméthyldiamidobenzophénone 267
E. Schulze. Sucre de canne dans les germes de plantes étiolées 268
R. Nietzki et *Friedrich Schmidt.* Dioxyquinone et dérivés................................. 269
A. Hantzsch. Transformation de dérivés du pentaméthylène et dérivés du benzol, de la pyridine et du tiophène.............................. 269
Aug. Bischler. Orthonitrophénylhydrazine.......... 343
Chimie. — *Aug. Bischler* et *S. Brodsky.* Sur la m. nitro et p. brome o. nitrosophénylhydrazine........ 456
C. Hoffmann. Acides hydroxamiques de la série grasse.................................. 456
M. Nencki et *N. Sieber.* Acide paralactique obtenu par la fermentation du sucre de raisin......... 457
A. Hantzsch. Produits de décomposition de l'acide chloranisique............................. 457
M. Nencki et *A. Rotschy.* Hématoporphyrine et bilirubine.................................. 458
M. Nencki. Décomposition de l'albumine par des schizomycètes anaérobies..................... 459
Richard Hafner. Action du brome sur la paratoluidine en présence d'acide sulfurique concentré .. 460
K. Heumann et *Hermann Rey.* Matières colorantes du groupe des benzéines.................... 460
R. Nietzki, Auguste Dietze et *H. Mœckler.* Matières colorantes de la résorcine de Weselsky........ 461
R. Nietzki. Formation d'azines au moyen des diamines et des polyamines.......................... 544
Heinrich Goldschmidt. Sur les oximes.............. 545
Ira Moore. Produits de condensation des carbodiimides aromatiques avec les orthodiamines..... 545
G. Lunge. Nouvel appareil pour mesurer les gaz.... 546

GÉOLOGIE

Pages

D[r] *G. Steinmann.* Éléments de paléontologie....... 344

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Séance du 20 novembre 1889. — M. de Blonay, ingénieur. Méthode forestière dite contrôle. — H. Dufour. Analyse spectrale des liquides de M. F.-A. Forel.................................. 84

Séance du 4 décembre 1889. — F.-A. Forel, prof. Thermométrie des lacs. — Guillemin, ing. Influence des poussières cosmiques sur la surface du sol (suivi de deux notes de MM. Ch. Dufour et Eug. Renevier, professeurs). — Henri Dufour, prof. Résumé météorologique du mois de novembre. — D[r] Schardt. Formation éolienne observée en Valais. — Brunner, prof. Synthèse des dichroïnes.. 85

Séance du 18 décembre 1889. — F.-A. Forel. Couleur des lacs. Études sur les mirages. — Guinand, architecte. Sur l'incision annulaire des ceps de vigne. — Forel. Recommandations en vue de l'étude systématique de la flore du rivage du Léman... 271

Séance du 8 janvier 1890. — F.-A. Forel. Origine des lacs. — Jean Dufour. Analyse de l'ouvrage de M. Victor Fayod....... 275

Séance du 19 février 1890. — Renevier, prof. 1° Forêt silicifiée d'Arizona ; 2° Phosphorites de Bessarabie ; 3° Disque gypseux de la Veveyse.. 345

Séance du 5 mars 1890. — F.-A. Forel : 1° Pierres de la moraine d'Yvoire; 2° Tempête du 27 janvier 1890 à Partenkirchen, en Bavière; 3° Genèse du lac Léman. — Schardt, prof. Trituration des bancs de calcaire dolomitique. — Renevier, prof. Discordance inverse de Vuargny.............................. 462

Séance du 19 mars. — Henri Dufour, prof. Nouvelles machines électriques par influence.— Guillemin, ing, Considérations générales sur le relief des continents. — Paul Busset. Formation d'une veine liquide dans un liquide.............................. 465

Séance du 2 avril 1890. — Éd. Sarasin et Luc. de la Rive. Sur la résonance multiple des ondulations électriques de Hertz. — Eug. Renevier. Origine et âge des gypses et cornieules de nos Alpes. — E. Chuard, prof. Sur la précipitation du carbonate basique de cuivre par les carbonates alcalins............... 547

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

Pages

Séance du 20 décembre 1889. — A. Pictet et H.-J. Ankersmit. Phenanthridine. — S. Lévy et E. Bader. Action de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle. — C. Græbe et L.-W. Weltner. Préparation et réactions du bromanyle. — C. Græbe et O. Schulthess. Thioxanthone 92

Séance du 9 mai 1890. — A. Pictet et S. Erlich. Les chrysidines. — A. Pictet et W. Béguin. Amidodiméthylquinoline. — C. Græbe et A. Curchod. Acides benzilorthocarboniques 552

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Séance du 19 décembre 1889. — J. L. Soret et A. Rilliet. Absorption des rayons ultra-violets par différentes substances. — P. van Berchem. Inégale concentration d'une dissolution gazeuse dont deux parties sont maintenues, pendant un temps prolongé, à des températures différentes. — Von Ettinghausen et Krasan. Observations sur l'atavisme des plantes. — E. Gautier. Mort de Respighi. — R. Chodat. Classification des Polygalacées. — Græbe. Lampe à microscope. — L. Duparc et Baeff. Echelle pour l'étude du trouble des eaux bourbeuses 97

Séance du 2 janvier 1890. — R. Gautier. Installation d'un anémomètre enregistreur à l'Observatoire de Genève. — Rilliet, de la Rive, Sarasin. Analyse de divers travaux 103

Séance du 16 janvier 1890. — M. Micheli. Rapport annuel 181

Séance du 6 février. — Schweinfurth. Rapports entre la flore de l'Arabie Heureuse et celle de l'Égypte. — A. de Candolle. Observations sur ce sujet. — Phil. Guye. Chimie moléculaire. — Forel. Genèse du lac Léman. — Ad. D'Espine. Recherches expérimentales sur le bacille diphtéritique. — Al. Herzen. De la prédisposition à la putréfaction et aux infections. — L. Duparc et Hip. Gosse. Sur le sidérolithique du Salève 181

Séance du 20 février 1890. — Gosse et Duparc. Sidérolithique du Salève. — Th. Turrettini. Régularisation du niveau du lac de Genève. — Sarasin et de la Rive. Résonance multiple des ondulations électriques. — R. Gautier. Observations de M. Schiaparelli sur la planète Mercure. — A. Rilliet. Mémoires de la Société. 348

Séance du 6 mars. — Müller. Travaux sur les Lichens. — Duparc et Piccinelli. Serpentine du Geisspfadsee. — Th. Flournoy. L'audition colorée 350

Pages

Séance du 20 mars. — Dr Girard. Du rôle du cerveau dans l'acte respiratoire.. 354

Séance du 3 avril. — C. de Candolle. Sur les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmique dans la caryocinèse. — O. Asp. Étude mathématique des diaclases par torsion. — Micheli. Bulletin météorologique. — Th. Lullin. Mouvements qui se produisent dans l'étalement d'une goutte d'eau. — Duparc et Baeff. Étude du régime de l'Arve.................................. 357

Séance du 17 avril 1890. — R. Chodat. Recherches nouvelles sur la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses. — L. de la Rive. Travail de M. Trouton. Sur l'accélération des ondes électromagnétiques secondaires. — Alph. de Candolle. Déserts de l'Australie.. 556

Séance du 1er mai. — Ed. Sarasin et L. de la Rive. Nouvelles recherches sur les ondulations électriques hertziennes. — R. Chodat. Transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes dans Calanthe Sieboldtii (Planche XII). — E. Gautier. Diagrammes de l'anémomètre enregistreur de l'Observatoire de Genève. — M. Schiff. Analyse de divers travaux............ 557

Séance du 5 juin 1890. — Président. Mort de J.-L. Soret. — V. Fatio. Présentation du 5me volume de sa faune suisse. — Duparc et Le Royer. Notices cristallographiques. — R. Gautier. Analyse de divers travaux.................................. 563

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

Observations météorologiques pendant le mois de décembre 1889.............................. 105

Observations météorologiques pendant le mois de janvier 1890.............................. 189

Observations météorologiques pendant le mois de février.............................. 277

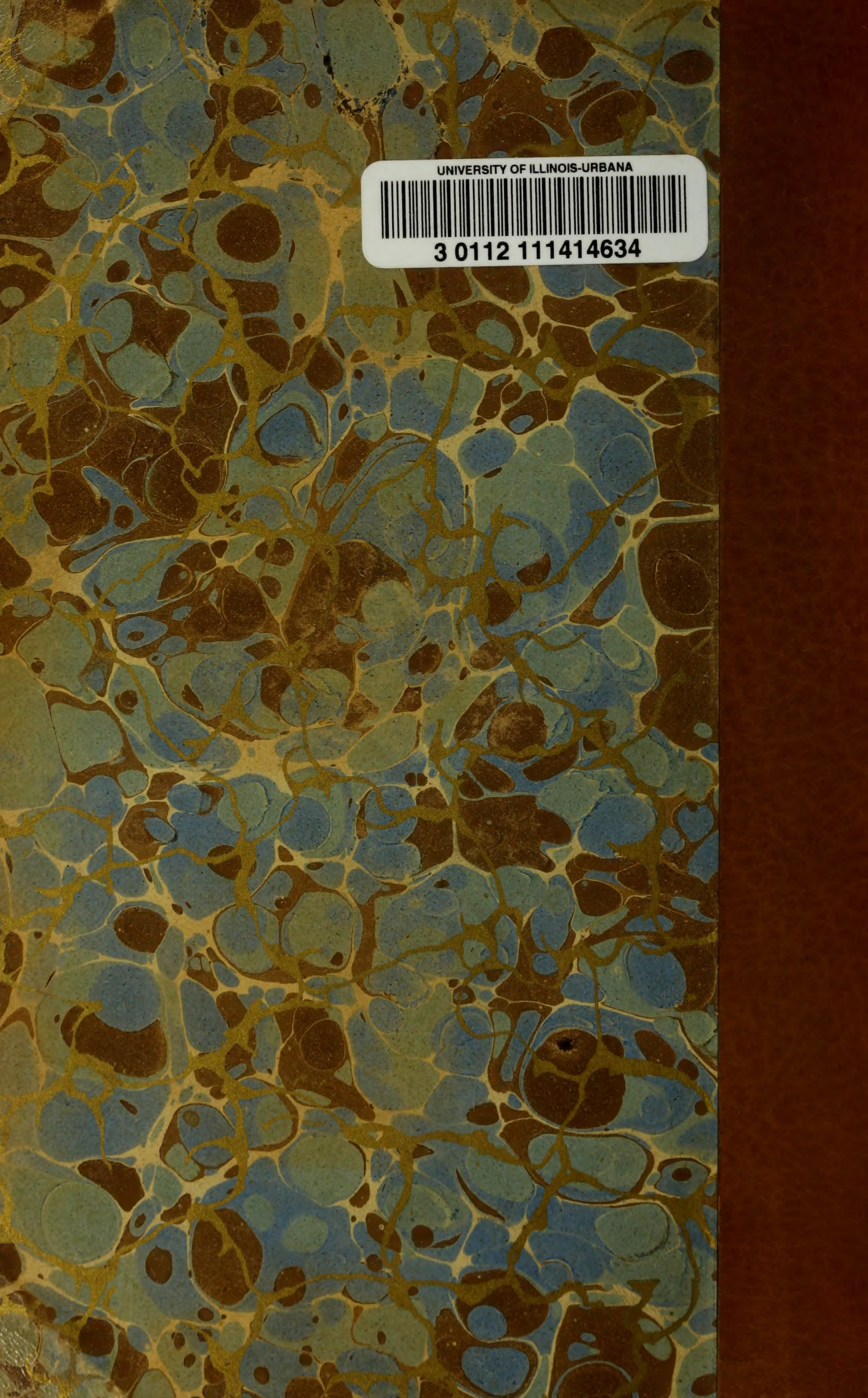
Observations météorologiques pendant le mois de mars.............................. 365

Observations météorologiques pendant le mois d'avril 469

Observations météorologiques pendant le mois de mai.............................. 565






UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 111414634